



رسائل جغرافية



بقلم : **Dominique Lesueur**

ترجمة: د. محمد فائد حاج حسن

196

ربيع الآخر ١٤١٧هـ
سبتمبر ١٩٩٦م

دورية علمية محكمة تعنى بالبحوث الجغرافية
يصدرها قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية

الاشتراكات

في الكويت
للمؤسسات ١٢ دينارا كويتيا (سنويا)
للأفراد ٦ دنانير كويتية (سنويا)

خارج الكويت
للمؤسسات ١٥ دينارا كويتيا (سنويا)
للأفراد ٧,٥ دينار كويتي (سنويا)

الجمعية الجغرافية الكويتية
ص.ب: ١٧٠٥١ الكويت الخالدية   الرمز البريدي 72451

رسائل جغرافية

١٩٦



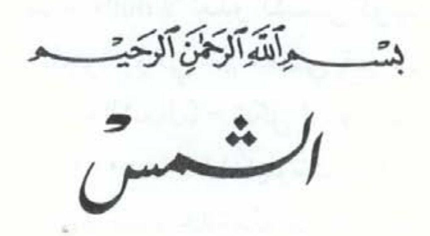
الشمس

بقلم : Dominique Lesueur

ترجمة: د. محمد فائد حاج حسن

ربيع الآخر ١٤١٧هـ

سبتمبر ١٩٩٦م



مقدمة:

لا يتخذ نجم الشمس ضمن مجرة درب التبان مظهرا مثيرا للغرابة والدهشة، ومراقبتها فيه لا تسترعي انتباها استثنائيا، ومع ذلك فإنها تلعب دورا بالغ الخطورة والأهمية باعتبارها نجم كوكبنا (الأرض) الذي تستحيل عليه الحياه دونه. والشمس عبارة عن نجم عملاق تسود على سطحه شروط خاصة تستحيل معها الحياة عليها بكافة أشكالها وصورها، كما تعد النجم الوحيد الذي يتمكن الفلكيون من مراقبته ورصد تفاصيله وخصائصه الخارجية، وذلك لأن بقية نجوم المجرة المعنية لا تعدو كونها نقاطا مبعثرة تستحيل دراستها ومراقبتها الدقيقة حتى باستخدام أكثر أجهزة الرصد المعروفة رقيا وتطورا نظرا للأبعاد وللمسافات الشاسعة التي تفصل هذه النجوم عن سطح الأرض.

لقد أتاحت لنا الدراسات الاختصاصية المعاصرة المعرفة الدقيقة لخصائص ولصفات طبقات الشمس الخارجية المتمثلة بسطح الشمس النيّر (الفوتوسفير Photo-sphére) وبجو الشمس (الكروموسفير Chromosphére) وبتاج الشمس (الكورون Couronne).

كما أتاحت لنا الدراسات المذكورة فرصة معرفة الفعاليات وأوجه النشاط الدورية التي تشهدها الشمس، وضمن مجرتنا العملاقة التي تتخذ شكل قرص هائل يزيد طول قطره على ٣٠ ألف بارسك Parsecs أي نحو ١٠٠ ألف سنة ضوئية[١] وبسماكة وسطية تحوم حول ١٠٠٠ بارسك ترتفع إلى ٥٠٠٠ بارسك في

(١) السنة الضوئية تساوي: $٩,٤٦١ \times ١٠^{١٢}$ كم

مركزها الذي يدعى بالبصلة Bulbe لا تعدو الشمس كونها واحدا من نحو ١٠٠ مليار نجم مبعثرة ضمن المجرة، وهي نجم هامشي يقع على مسافة ٢٨ ألف سنة ضوئية عن مركز المجرة (باتجاه الشمال) - شكل ٢- ورغم أن المسافة التي تفصلنا عن الشمس تصل إلى نحو ١٤٩٦٠٠٠٠٠ كيلومتر، فإنه لولاها لكانت الأرض كوكبا ميتا شديد البرودة، فلا عجب والحالة هذه أن تكون مصدر وحي وإلهام لكثير من إبداعات الكتاب والشعراء والفنانين الذين يستلهمون من جمال منظرها وروعته في الأفق موضوعاتهم المختلفة كل حسب هواه وما يراه منها، ومن منا لا يعشق جلسات الصفاء في دفء شمس الربيع مثلا، أو لا يتوق إلى نزهات سويعات قبل الغروب أيام الصيف، ومن منا لا ينتظر عودة أشعتها الدافئة بعد أيام الشتاء القاسية. إنها باختصار مصدر الضوء والحرارة لكوكبنا المأهول، كما أنها تلعب دورا جوهريا في تحديد تتالي فصول السنة، وتشكل عصب الأنواء الجوية، والمحدد الرئيس للظروف وللشروط المناخية السائدة على سطح الكرة الأرضية، ولقد أدرك الإنسان أهميتها منذ فجر الحياة البشرية، لدرجة أن بعض القبائل والشعوب البدائية لم تتردد في عدها إلهاً تتعبده وتقدم له القرابين والأضحية طلبا لرضاها ودفعا لغضبها، ولقد سبقت في نشوئها ظهور الحياة المتطورة على سطح الكرة الأرضية.

١- وصف الشمس وأبعادها: تتخذ الشمس شكل قرص متوهج شديد البريق واللمعان لدرجة تعجز معها العين البشرية المجردة عن تحمل طول النظر إليه، ويزيد طول قطرها الظاهري على نصف درجة (قطعة معدنية دائرية طول قطرها ٥, ٢سم من مسافة ٢٥٠ مترا تقريبا)، وهي عبارة عن كرة عملاقة من الغازات الحارة يصل طول قطرها الفعلي إلى ١٣٩١٠٠٠كم أي نحو ١٠٩ أضعاف طول قطر الكرة الأرضية، وتعادل كتلتها ضعف كتلة كواكب المجموعة الشمسية مجتمعة بحوالي ٧٤٥ مرة، ويعادل حجمها ضعف حجم الأرض بنحو مليون و٣٠٠ ألف مرة[1]، ومع ذلك فإن كتلتها لا تزيد على كتلة الأرض بأكثر من ٣٣٣٠٠٠ مرة، ويحوي

---

(١) حجم الأرض يساوي: ١٠, ١٠٨٣٣٢٠^{٦}كم^{٣}

المتر المكعب الواحد من الشمس وسطيا نحو ١٤١٠ كيلوغراما من الغازات المختلفة، وتدور الشمس حول نفسها على محور يميل بزاوية قدرها ٨٢ درجة و٤٩ دقيقة، وتستغرق فترة دورانها حول نفسها نحو ٢٥ يوما وسطيا، مع وجود تباينات محسوسة من نقطة إلى أخرى، حيث تستغرق مدة ٢٤,٦٤ يوما على خط استوائها، ترتفع إلى ٢٨,٥٤ يوما وراء خط العرض ٤٥ درجة إلى ٣٠ يوما في منطقتي القطبين، ونظرا لبطء حركة الشمس حول نفسها فإن تفلطحها غير محسوس، علما بأن نقطة ما على خط استواء الشمس تتحرك بمعدل سرعة يصل إلى ٧٤٠٠كم/ ساعة، وتصل درجة حرارة سطحها إلى نحو ٦٠٠٠° + درجة مئوية، وهي درجة تزيد بكثير على الدرجة اللازمة لتبخر كافة الأجسام الكيميائية في ظل الضغط العادي، لذا يستحيل وجود أي جسم سائل أو صلب على سطح الشمس، أما جاذبيتها فإنها تعادل ضعف جاذبية الكرة الأرضية بنحو ٢٨ مرة، بحيث أن ما يزن ٦٠ كغم على سطح الأرض يرتفع إلى ١٦٨٠كغم على سطح الشمس، ويميل محور الشمس المغناطيسي على محور دورانها حول نفسها بنحو ٠,٥ درجة مئوية، ويرسم حول المحور المذكور مخروطا كاملا كل خمسين سنة.

٢- الإشعاع الشمسي: تشع الشمس في الفضاء الخارجي طاقة هائلة جدا، وتصل قيمة الثابت الشمسي إلى ٢ مرة/ سم٢/ دقيقة، وعلى هذا فإن كل سنتيمتر مربع من سطح الشمس يشع نحو ٦,٥٧ كيلو واط وهي قدرة كافية لإنارة ١١٠ مصابيح استطاعة كل منها ٦٠ واط، وتشير الحسابات النهائية إلى أن الطاقة الإجمالية التي تطلقها الشمس على شكل فوتونات[١] Photons تعادل ٨٢٠١٠٢٦,٣ W٣ وهي أرقام تتجاوز كافة التخمينات والتقديرات العادية الأولية. والتساؤل الكبير هنا: هل تعد كمية الطاقة الإجمالية المنبعثة من الشمس أو التي تطلقها الشمس في وحدة زمنية محددة كمية ثابتة؟

للإجابة عن السؤال السابق، لابد من الاعتراف بأن المعلومات والمعطيات

---

(١) الفوتون Photon جزيء من الطاقة الضوئية في نظرية الكمات

المتوافرة لنا حتى الآن ليست أكيدة تماما، غير أن سلسلة الأقمار والتوابع الاصطناعية التي أطلقت منذ مطلع عام ١٩٨٠ بهدف إجراء الدراسات المتعلقة بالشمس «أهم التوابع Solar Max و Nimbus 7» بيّنت أن الثابت الشمسي Contante Solaire، يشهد تبدلات ويخضع لتطورات محسوسة جدا، حيث ان القيم التي أعطتها دراسات هذين التابعين بفاصل قدره أربعة أشهر، أعطت القيمتين التاليتين: ١٣٦٨,٣ واط/ م٢ و ١٣٧٥,٥ واط/ م٢، كما أثبتت سلسلة القياسات التي أجريت منذ مطلع عام ١٩٧٨ تناقص هذا الثابت بمعدلات تراوحت بين ٠,٠١٥٪ و ٠,٠٢٪، ويترتب على ذلك أمور ونتائج بالغة الأهمية والخطورة، لأن تناقص كمية الطاقة الإجمالية القادمة من الشمس خلال وحدة زمنية معينة بمعدل ١٪ يحدث تبدلات محسوسة على الخصائص والشروط المناخية السائدة.

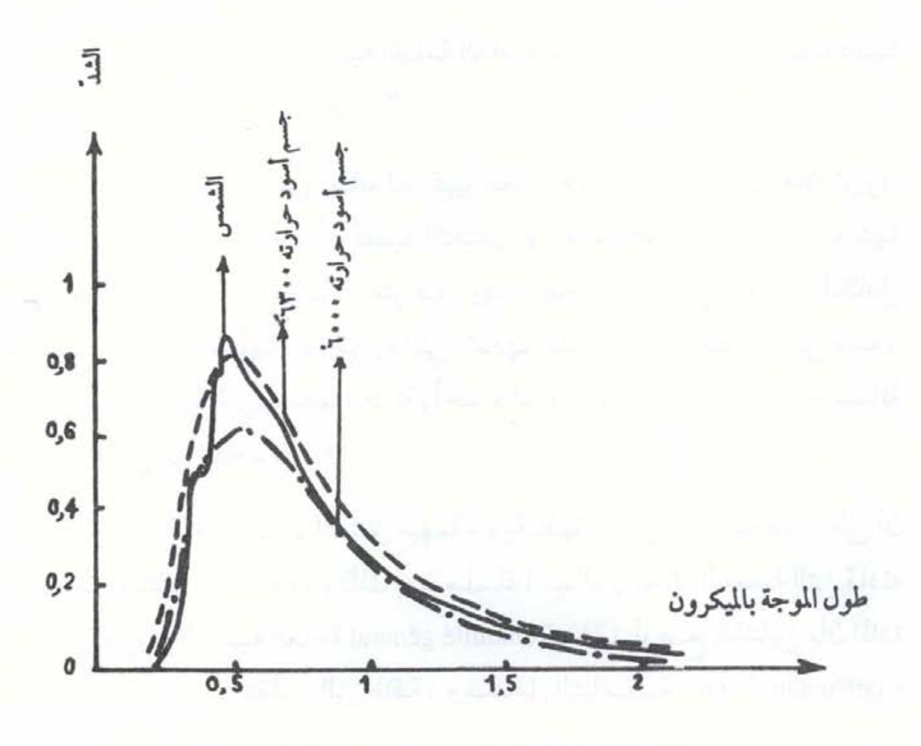
وعلى صعيد الإضاءة (الإنارة) يمكن القول ان وقوع الشمس في سمت سطح منبسط يمتد على سوية سطح البحر، يجعله مضاء بما يعادل ١٠٣٠٠٠ لوكسا Lux[(١)]، وهي إضاءة تعادل ضعف إنارة القمر بحوالي ٦٠٠ ألف مرة وذلك عندما يكون القمر في أقصى درجات إنارته. وللإرشارة إلى أهمية الأرقام المذكورة، يكفي أن نبين هنا أن شارعا ممتاز الإنارة في أكثر أحيائنا رقيا لا تزيد معدل إنارته على إنارة بضع لوكسات، وهذه الإضاءة، قادمة بالدرجة الأولى من الفوتوسفير Photosphére ضمن سلسلة تنحصر أطوال موجاتها بين 0.2u و 2u.

إن توزع الطاقة ابتداء من الأشعة فوق البنفسجية وحتى الأشعة تحت الحمراء، يماثل توزعها تقريبا في جسم داكن اللون (أسود مثلا)، رفعت درجة حرارته إلى ٦٠٠٠° مئوية (شكل ١) وغالبية الإشعاع محصورة ضمن الأشعة الزرقاء ـ الخضراء حوالي (0,45u)، وجزء كبير من الطاقة الشمسية يشع ضمن الجزء المرئي من الطيف (محصور بين 0.4u 0,7u)، وإذا كان التبعثر طفيفا فإن الطيف الشمسي يكون

---

(١) اللوكس Lux هو شدة الإضاءة على سطح يتلقى طاقة ضوئية قدرها ليومن واحد Lumen لكل متر مربع من السطح المضاء خلال ثانية واحدة. واليومن Lumen هي وحدة قياس التدفق الضوئي.

مستمرا، أما إذا اشتد التبعثر أو التوزع فإنه يتخذ مظهر مجموعة من الحزم القاتمة، وذوات أمواج متباينة الأطوال، تقوم العناصر الكيميائية التي يتألف منها الغلاف الغازي بامتصاصها.



شكل (١) شدة الإضاءة القادمة من الشمس تبعا لأطوال الأمواج.

نتبين من الشكل السابق أن دراسة التوزع الطيفي للإشعاع الشمسي تشير إلى أن شدة الإضاءة تتزايد مع الأمواج المحصورة بين 0.2U و0.45U، ثم تتناقص بين 0.45U و 2u، والمنحنى الذي نحصل عليه من مثل هذه الدراسة، مماثل تماما لمعطيات النظرية المتعلقة بجسم أسود درجة حرارته تزيد على ٦٠٠٠°، يلاحظ تزايد

معدل انحدار المنحني ضمن الأشعة فوق البنفسجية والبنفسجية والزرقاء، ولكنه لطيف الانحدار جدا للأشعة تحت الحمراء التي يتراوح أطوال أمواجها بين 1u و2u .

٣- أصل الطاقة الشمسية : شُغل الاختصاصيون فترة طويلة بإيجاد الرد المنطقي المقبول على التساؤل الكبير التالي :

ما هو مصدر الطاقة الشمسية الهامة القادرة على ضمان استمرارية تدفقها الإشعاعي الكبير ولفترة زمنية طويلة؟

فلقد اعتبر السؤال المذكور بمثابة لغز كبير محير جدا، عبر عنه كامي فلاماريون عام ١٨٨٠ حين قال : «يبدو أن قضية التعبير عن عظمة قدرة الشمس وأهميتها عسير جدا، ومع ذلك، يجب الاعتراف، ودون خجل ولا وجل، بعجزنا الكامل عن فهمها وإدراك كنهها. فالحرارة التي تشعها الشمس أو تطلقها في كل ثانية، تعادل كمية الحرارة التي يطلقها احتراق أحد عشر كاتريّون (كاتريليون)[١] وستمائة ألف مليار طن من الفحم. . . »

ظلت الإجابة عن السؤال السابق مبهمة، ويكتنفها الكثير من الغموض، إلى أن أوضحها إنشتاين Einstein، وذلك بعد سلسلة أعماله وأبحاثه العلمية التي قادته إلى نشر نظريته النسبية العامة Relatiuité général، فقد أوضح إنشتاين بأن المادة يمكنها أن تتحول أو تنقلب إلى طاقة، ومعامل التناسبية Coefficient de proportionalité بين الكتلة والطاقة مساو لمربع سرعة الضوء.

ولتحرير هذه الطاقة المجمدة أو المختزنة على شكل مادة لابد من التأثير في نوى الذرات، وعلى هذا الصعيد، يمكن تصور نموذجين أو طريقتين تجريبيتين : تعتمد أولاهما على تجزئة أو انشطار النوى الثقلية، وتعتمد الثانية على التحام أو دمج النوى الخفيفة ببعضها بعضا، وتدعى الطريقة الثانية هذه بالطاقة التيرموذرية

---

(١) الكاتريليون Cuatrilion = ١٠^٢٤
التريليون Trilion = ١٠^١٨

(الحرارية الذرية Enérgie Thermonucléaire)، وعلى هذا يمكن اعتبار الشمس بمثابة بطارية تيرموذرية عملاقة تشع حرارة وضوء ناجمين عن سلسلة من التفاعلات المماثلة تماما للتفاعلات التي تستخدم في القنبلة الهيدروجينية، أو القنبلة التيرموذرية (الحرارية الذرية)، وتتم هذه التفاعلات عادة في قلب نجم الشمس أو وسطه، حيث تكون درجة الحرارة هنا كافية تماما للتغلب على التدافع أو لقمع التدافع Répulsion الكهربائي بين نوى ذرات محددة، وأهم التفاعلات:

- دائرة أو حلقة (سلسلة) الفحم/ الأزوت/ الأوكسجين، وهي ما تعرف بدائرة CNO.

- حلقات أو سلاسل بروتون- بروتون وعددها ثلاثة (PP1, PP2, PP3).

وفي كلتا الحالتين، فإن الطاقة المتحررة تنطلق على شكل أشعة تماما لها (موجات كهرمغنطيسية Eléctromagnétigues)، يتحول جزء مهم منها إلى ضوء قبل مغادرته للشمس، وعلى شكل نوترينوات Neutrinos[1] تغادر الشمس مباشرة.

٤- بنية الشمس الداخلية: إن التفاعلات آنفة الذكر تنتهي إلى نتيجة متماثلة تكمن في تحويل الهيدروجين Hydrogéne إلى هيليوم Hélium بمعدل يصل إلى ٥٦٤ مليون طن في الثانية، وفي الواقع، فإن ٥٦٤ مليون طن من الهيدروجين تتحول إلى ٥٦٠ مليون طن من الهيليوم كل ثانية، والفارق بين الرقمين وقدره أربعة ملايين طن تتحول إلى طاقة، أي أن الشمس تخف (تقحّل) بمعدل أربعة ملايين طن في الثانية، ولكن ذلك لا يجب أن يثير الخوف والقلق، لأن الشمس بهذا المعدل لا تفقد أكثر من ٥٠٠٠/ ١ من كتلتها كل ثلاثة مليارات سنة.

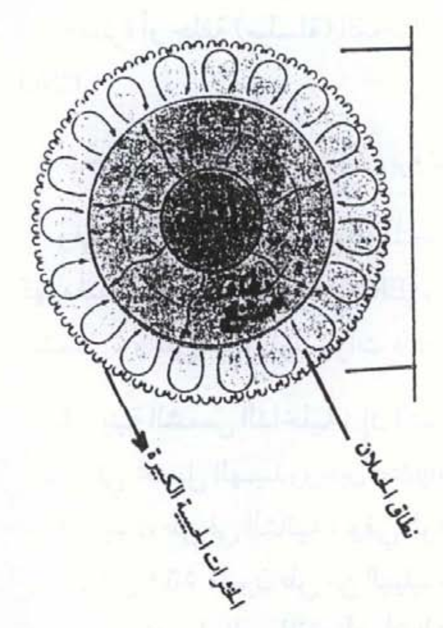
إن النوترينوات آنفة الذكر، تغادر الشمس خلال ثانيتن اثنتين فقط، في حين أن الموجات الكهرمغنطيسية تتفاعل فيما بينها وبين المادة بشدة وبفعالية، لذا فإنها لا

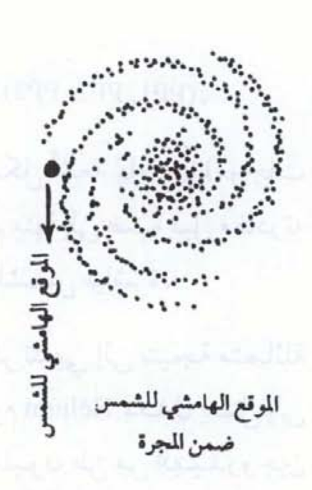
---

(١) النوترينوات Neutrinos: دقائق أولية متعادلة، ذات كتلة مهملة (أصغر من كتلة الإلكترون)، ولا تتفاعل مع المادة عمليا، وتغادر الشمس مباشرة.

تتمكن من الانفلات إلا بعد فترة زمنية طويلة جدا تصل حتى مليون سنة، وعلى هذا، من البدهي القول ان ضوء الشمس الذي ينير أيامنا الحالية هو النتيجة المباشرة لسلسلة من التفاعلات الحرارية الذرية (التيرموذرية) التي جرت أو تمت خلال العهود ما قبل التاريخية.

أما بنية الشمس، ومن المركز باتجاه السطح فتتمثل بما يلي: (شكل ٢)

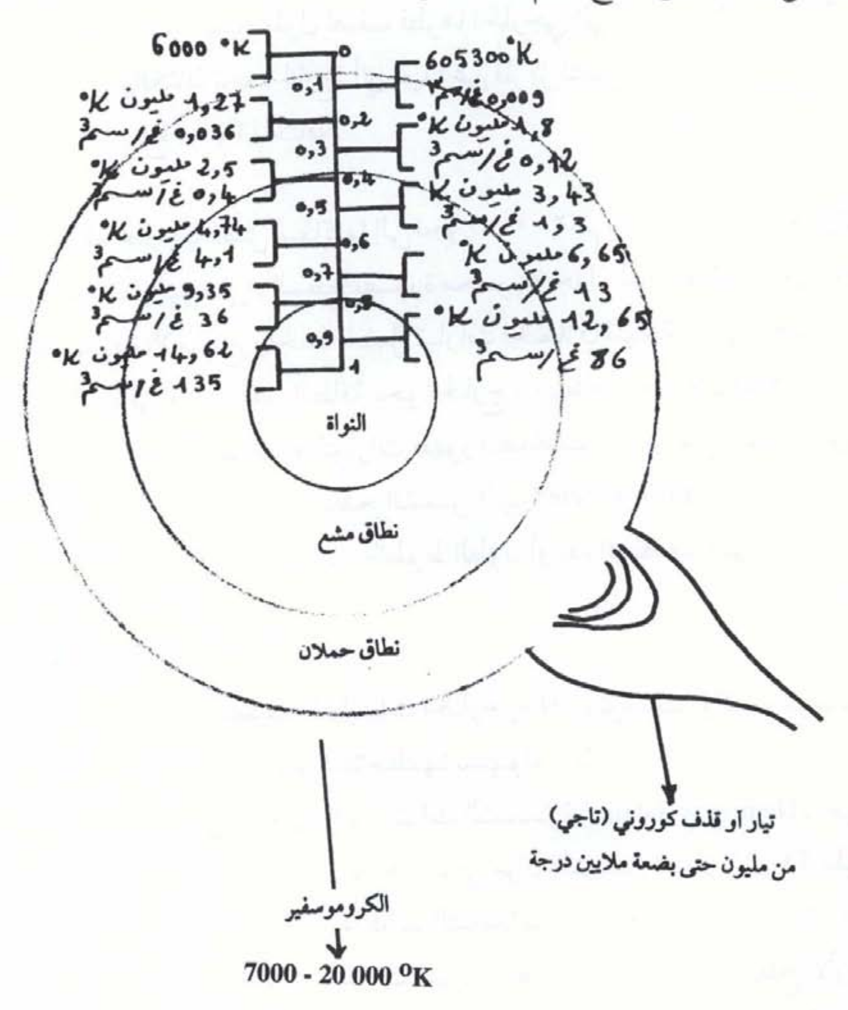




شكل (٢) بنية الشمس وموقعها الهامشي ضمن المجرة

أ- نواة مركزية يصل طول نصف قطرها إلى ٢٠٠٠٠٠كم أي ما يعادل حوالي ٢٨,٧٦٪ من نصف قطر الشمس، وضمن هذه النواة تجري التفاعلات الحرارية الذرية كلها، ويصل الضغط فيها إلى أكثر من ٢٢٠ مليار ضغط جوي، وتزيد درجة حرارتها على ٦٢ْ و١٤ مليون درجة مئوية، تصل كثافتها إلى ١٣٥غ/ سم٣، أي أن ليترا واحدا من الغاز مأخوذ من مركز الشمس يزن نحو ١٣٥ كيلوغراما، تنخفض

درجة الحرارة على أطراف النواة وهوامشها إلى نحو سبعة ملايين درجة مئوية وتنخفض الكثافة إلى ١٤ غ/ سم٣ . (شكل ٣) .



شكل (٣) درجات الحرارة والكثافة ضمن الكرة الشمسية

يلاحظ هنا أن الكثافة شديدة الارتفاع ضمن النواة، وفي المناطق الداخلية للنطاق المشع، تتناقص بشدة ضمن النطاق الحملاني (نطاق الحملان)، حيث أنها تصبح ٩ ملغ/ سم٣ على عمق ٧٠٠٠٠كم من سطح النطاق المذكور، تتناقص درجات الحرارة بصورة منتظمة ضمن الشمس، حيث أنها لا تزيد على ٦٠٠٠ كْ، على السطح تعود فتتزايد لتتراوح بين ٧٠٠٠ و ٢٠٠٠٠كْ ضمن الكروموسفير وتصل إلى عدة ملايين ضمن الكورون (التاج).

ب- طبقة متوسطة: درجة حرارتها ليست كافية لحدوث تفاعلات حرارية ذرية، تتحرك الطاقة ضمن هذه الطبقة نحو الخارج بوساطة الإشعاع فهي نطاق مشع Zone radiatiue يصل طول نصف قطرها الخارجي إلى ٤٥٠٠٠٠كم، تتناقص درجة الحرارة والكثافة نحو الخارج أي بعيدا عن المركز لتصل إلى مليون درجة مئوية للحرارة و١٥, ٠غ/ سم٣ للكثافة.

جـ- طبقة خارجية تصل سماكتها إلى نحو ٢٠٠٠٠٠كم، تتناقص درجة حرارتها باتجاه الأطراف والهوامش والسطح بصورة محسوسة جدا، لدرجة تغدو معها المادة الكونية شديدة الامتزاج والخلط بفضل تيارات الحملان المهمة، التي تلعب دورا جوهريا أيضا في مجال نقل الطاقة نحو الخارج، ويتظاهر الحملان المذكور حتى قرب السطح حيث تسبب هذه التيارات ظهور انتفاخات مهمة (على شكل تواليل) تحدث في قاعدة الفوتوسفير (سطح الشمس النير) Photosphére، كما أنها تؤدي إلى ظهور حركاتُ دوران مسايرة لخطوط الطول أو لدوائر نصف النهار، تترواح سرعتها بين ٣٠م و١٠٠م/ ثا.

وقبل الدراسة التفصيلية للطبقات الخارجية (الفوتوسفير والكروموسفير والكورون) التي يمكن للراصد ملاحظتها بسهولة، لابد من التذكير وبشيء من الإيجاز بالمشكلة التي تطرحها النوترينوات الشمسية Neutrinos Salaires، حيث تشير الحسابات بأنه إذا كانت درجة الحرارة في مركز الشمس تعادل ٦٢, ١٤ مليون درجة مئوية كما سبق وأشرنا، وإذا كانت التفاعلات الحرارية الذرية تسير وفق الآلية المشروحة آنفا، فإن حزمة النوترينوات التي يتلقاها كل متر مربع من سطح الأرض قادمة من الشمس تصل إلى $١٠^{١٤}$, ٦كل ثانية، ومع ذلك تبقى هذه القيمة نظرية بحتة لأن الحزمة الملاحظة فعلا تقل عن القيمة آنفة الذكر بحوالي ثلاث مرات، ويطرح التناقص المذكور مشكلة عسيرة التفسير، مازالت مسار جدال ونقاش بين الاختصاصيين، وبانتظار الاتفاق على تقليل الأسباب وتأكيدها، يمكننا أن نعزي هذا الفارق إلى المشاكل التجريبية الناجمة عن الصعوبة البالغة في استشعار

النوتريونات والتعرف الدقيق عليها، إلى جانب عدم كشف الأسرار الكاملة لفيزيائية هذه النوتريونات.

٥- الفوتوسفير (سطح الشمس النير) La Photosphére: تمثل الطبقة السطحية والخارجية للكرة الشمسية ذات الإضاءة الظاهرة، وترسم حدود قرص الشمس نهارا، كما أنها تشكل الطبقة السفلية لغلاف الشمس الغازي التي تشع منها الطاقة (تنطلق منها الطاقة بالإشعاعات)، ولا تتجاوز سماكتها ٤٠٠كم، وتتناقص غلظتها وقتامتها أو عدم شفافيتها كما تتناقص كثافتها بسرعة كبيرة مع الارتفاع الهندسي، وهذا ما يفسر ظهور الحدود الخارجية لقرص الشمس بوضوح تام، وبعبارة مختصرة يمكن القول إن الفوتوسفير يمثل الطبقة التي تغدو فيها الغازات شفافة جدا لموجات الضوء، وفيما سيلي من دراسة، سوف نعتبر (h) الارتفاع 0 (صفر)(١) منطبقا على المستوى أو على السوية التي تتمكن عندها ٣٧٪ من الأشعة المنبعثة بأمواج طولها ٥٠٠٠ ألفستروم من مغادرة مركز قرص الشمس، وعلى هذا فإن معدل الارتفاع الهندسي لأي نقطة من الغلاف الغازي للشمس يقاس أو يحدد انطلاقا من هذه السوية أو من هذا الأساس، وكمرحلة أولى يمكن تقسيم الفوتوسفير إلى منطقتين متمايزتين تماما:

أ- الفوتوسفير العميق La Photosphére profonde: لا يمكن ملاحظته إلا في مناطق شفافية الطيف الأعظمية، وعلى هذا تشكل هذه المناطق نوعا من النوافذ -إن جازت لنا التسمية- التي توجد عادة في مناطق الطيف المستمر spectre continu أي بين أو خلال ما يعرف بحزم فرونهوفر Raies de Fraunhofer (طول أمواجها 1,5u) إن سماكة هذه الطبقة لا تتجاوز خمسين كيلومترا، وتمتاز قاعدة الطبقة المذكورة بجيشانها المستمر، تتوزع الغازات فيها على حجيرات حملان cellules de convnc-tion معطية بنية شبكية الشكل أو المظهر، وتدعى هذه الحجيرات عادة باسم حبيبات الرز Grains de riz. وهذه الحبيبات في حركة صعود وارتقاء مستمرين في الوسط

---

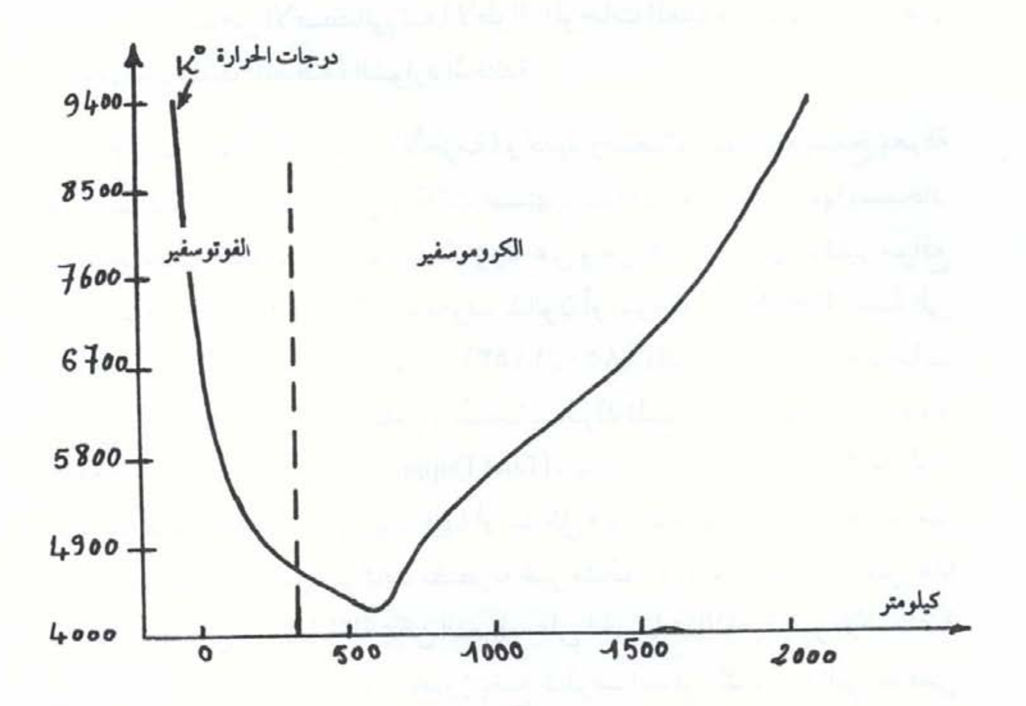
(١) h = 0

الغازي المحيط، وسرعة حركة الصعود العمودية هذه تتراوح بين ١ و٢كم/ ثانية، كما أنها تخضع لحركة انتقال أفقية ذات سرعة مماثلة تقريبا، وتغطي سطح الشمس الخارجي، وتتراوح أبعادها بين ٣٠٠كم و١٢٠٠كم (6=, - 4=1,)، ويصل معدل مساحتها إلى نحو ٥٥٠٠٠٠كم٢، ولا تتجاوز مدة حياة هذه الحبات بضع دقائق ولا تزيد على عشر دقائق بحال من الأحوال، ويعزى هذا المظهر الحبيبي إلى حركات الغاز المنظمة وإلى ذبذبات اللمعان الكوني، وبالتالي فإنها وثيقة الارتباط بدرجات الحرارة، فوسطى درجة حرارة حبات الرز هذه تزيد ببضع مئات الدرجات على درجة الحرارة السائدة في الوسط المحيط، وتعكس حجيرات الحملان والحبيبات المذكورة حركات أكثر أهمية وعمقا، تحدث ضمن طبقة الحملان الخارجية لنجم الشمس. إن هذه الحركات المضطربة تحدث ضجيجا، حيث إن الحبيبات تسبب موجات رنين أو طنين تنتشر حتى الغلاف الغازي الخارجي.

وبين هذه الحبيبات تظهر بعض الشبكات أو اللطخ Filigranes الداكنة، ذات درجات حرارة أقل ولكنها تضم حقولا أو مجالات مغنطيسية محلية التوضُّع جدا ولكنها بالغة القوة والأهمية. (١٥٠٠ غوس Gauss، وحقل وسطي قدره ١٠^١٨ ماكسويل Maxwells).

وضمن الفوتوسفير العميق Photosphére prpfonde تبقى الكثافة والشفافية مرتفعة نسبيا، وهذا ما يحفظ للإشعاعات المنطلقة منها نشاطا إشعاعيا ويساعد على إعطاء نظائر مشعة.

أما الشروط الفيزيائية السائدة فيها فإنها قريبة جدا من الشروط التي يمكن ملاحظتها فيما لو سادت ظروف التوازن التيرموديناميكي Thermodynamique، وتتناقص الكثافة مع الارتفاع كما تنخفض درجات الحرارة بالاتجاه نفسه (شكل ٤) وتعزى الكثافة والشفافية هنا إلى ذرات الهيدروجين المعتدلة Neutre وإلى شوارد الهيدروجين السلبية (وهي ذرات هيدروجين أسرت أو استولت على إلكترونات إضافية) من جهة، وإلى تقلبات وانتقالات طاقة الإلكترونات الحرة من جهة ثانية.



شكل (٤) تبدلات درجات الحرارة ضمن طبقات الشمس الخارجية (الفوتوسفير والكروموسفير)

لاحظ أن درجات الحرارة تنخفض ضمن الفوتوسفير، وترتفع ضمن الكروموسفير، لاحظ أيضا أن أدنى درجة قد سجلت على ارتفاع ٥٥٠ كيلومترا (بدلالة h=0 كما مر آنفا)

ب- الفوتوسفير الخارجي Photosphére extérieure : يمتاز بانخفاض كثافته وبعدم شفافيته، لدرجة لا يتحقق التوازن التيرموديناميكي فيه، وضمن هذا القطاع من الفوتوسفير تحديدا، تتشكل خطوط أو أحزمة ماصة، تعطل استمرارية طيف ما، وتعرف هذه الخطوط باسم خطوط فرونهوفر Fraunhofer نسبة إلى الفيزيائي الألماني جوزيف فون فرونهوفر (١٧٨٧ - ١٨٤١) الذي اكتشف المطياف، وقام بدراسة تفصيلية لأحزمة الطيف الشمسي والتي تقوم بتحديد أطياف الإشعاعات الكهرمغنطيسية المنطلقة من سطح الشمس، وتعزى هذه الخطوط، أو يفسر نشوؤها

بوجود الامتصاص الاصطفائي تبعا لأطوال الموجات المعنية، وذلك وقت انتقال طاقة الإلكترونات المحيطية والشوارد المختلفة.

إن دراسة الخطوط المذكورة (الأحزمة) وتحديد وضعياتها المختلفة يسمح بمعرفة التركيب الكيميائي للطبقة التي تشكلت ضمنها، كما أن أعدادها وشدتها يسمحان بتجديد أهمية العناصر الكيميائية المسؤولة عن وجودها، في حين أن تغير مواقع هذه الحزم (الخطوط) تحت تأثير ما يعرف بقانون أو بقوة دوبلر Doppler [نسبة إلى الفيزيائي النمساوي كريستيان دوبلر (١٨٥٣ ـ ١٨٥٠) الذي اهتم بدراسة تباينات ارتفاع الصوت القادم، أو المتلقى، عندما يتحرك المنبع الذي أعطاه بالمقارنة مع موقع الراصد وهذا ما يعرف بـ Ellet Doppler]، يزودنا بمعلومات عن حركات المواد المختلفة ضمن الطبقات التي يولد فيها أو يتشكل فيها هذه المواد، أما زيادة اتساعها وعرضها فهو ناجم عن حركات مضطربة غير منتظمة وزوبعية نسبيا، وعلى هذا الأساس أو على هذه الشاكلة يمكن التعرف على الحركات الأفقية غير الإشعاعية ذات السرعات البطيئة التي لا تتجاوز بضع كيلومترات في الثانية، والتي تتناقص إلى أن تختفي تدريجيا مع الارتفاع.

إن أعداد هذه الحزم أو الخطوط التي أمكن تحديدها وملاحظتها والتعرف عليها حاليا، لا يزيد على ٥٠٠٠٠ حزمة، وذلك على الرغم من أن طيف الشمس يحوي فعليا أكثر من ١٠٠٠٠٠ منها، وضمن هذه الأحزمة، يكون معدل عدم الشفافية ضمن الغازات أكثر أهمية وارتفاعا من نظيرتها في الطيف المستمر، وعلى هذا فإن هذه الخطوط أو الأحزمة يمكن اعتبارها بمثابة كواشف للخصائص الفيزيائية التي توجد ضمنها النطاقات الأكثر ارتفاعا من الفوتوسفير.

٦- التخثر الحبيبي الكبير Superganulation والذبذبات Oscillations

لقد أثبتت دراسات لايتون R. B. Laighton وأبحاثه المتعمقة، وجود حركات حملان سطحية تسبب حدوث تباينات محسوسة في شدة لمعان قاعدة الفوتوسفير

وبريقها، حيث قادت هذه الدراسات إلى استنباط طريقة تمثيل بياني للسرعات في الطبقات الخارجية للشمس، ومنها توصل إلى التحديد الدقيق للظواهر الديناميكية (الحركية) التي تشهدها هذه الطبقات، وعلى رأس هذه الظواهر ما عرف باسم **التخثر الحبيبي الكبير** Supergranulation. إن الحبيبات التي تكون هذه الشبكة أكبر من حبات الرز بحوالي ثلاثين مرة، وتصل أعمارها إلى عشر ساعات تقريبا، ولم تتمكن أي من النظريات المعروفة حتى الوقت الحالي من تفسيرها وشرحها، ومع هذا فإن وجودها يعتبر دليلا قاطعا على عنف الاضطرابات التي تعتري الشمس من جهة، وعلى عظم كميات ومعدلات الطاقة المنطلقة من الشمس من جهة ثانية، ولقد سمحت الأساليب التي انتهجها لاتيون Leighton بالحصول على شريط من الصور التي تمثل لوحة تظهر عليها حقول السرعات المختلفة، بعكس الأشرطة العادية التي تظهر تباينات درجات اللمعان والبريق، وعلى أشرطة لايتون هذه، يمكن رؤية كافة أشكال الحركات بما فيها حركة الشمس ذاتها حول نفسها، ذلك لأن الكثافات على الصور تكون متناسبة مع سرعة الغاز المنطلق على طول خط التصويب أو النظر.

وهذه الأمور بمجملها في الواقع، عبارة عن تطبيق دقيق نسبيا لما دعوناه بقانون دوبلر المعروف، ومن هذه الأبحاث أيضا راودت لايتون Leghton فكرة تنضيد الأشرطة أو وضعها فوق بعضها البعض Superposer (الأشرطة المتتالية طبعا) وذلك بهدف تنفيذ أو الوصول إلى تركيب، يمكن من خلاله إظهار إحدى الحالتين التاليتين:

أ- صورة واضحة جدا، يتم الحصول عليها إذا لم تتعرض حقول السرعات للتغير والتبدل خلال الفترات الزمنية الفاصلة بين شريطي صور متتاليين.

ب- صورة غير واضحة، وذلك إذا تعرضت حقول السرعات للتغيير.

ومع كل ذلك، فإن النتائج التي حصل عليها لايتون لم تكن متوقعة إطلاقا، فلأجل فواصل زمنية متزايدة تصل حتى ١٥٠ ثانية، فإن الصور المركبة التي نحصل

عليها بتنضيد الأشرطة فوق بعضها البعض امتازت بتزايد درجات عدم الوضوح (تناقصت معدلات وضوح الصور المعنية)، وتعود درجة الوضوح إلى التزايد التدريجي، مع ارتفاع الفواصل الزمنية إلى أكثر من ١٥٠ ثانية، حيث تصل إلى درجة وضوح أعظمية عندما يصل الفاصل إلى ٣٠٠ ثانية، ولتفسير هذه الظاهرة، يرى لايتون أن حقول السرعات المحللة بالطريقة آنفة الذكر شديدة التباين، ولكنها متكررة الحدوث أو التوافر دون تغير في الخصائص العامة كل خمس دقائق (أي تتكرر الصفة ذاتها والخاصة نفسها مرة كل خمس دقائق)، وبعبارة أخرى يمكن القول ان غلاف الشمس الغازي، يشهد تبدلات وذبذبات عدة، وتتخذ فيه سرعات معينة قيما محددة بفواصل منتظمة، وتؤثر هذه الذبذبات في كافة نقاط وقطاعات سطح الشمس رغم عدم تمكنها من توليد حركة إجمالية فعلية، وذلك لأنها ليست مستمرة سوى على مقياس لا يتجاوز طوله بضع عشرات آلاف الكيلومترات، ليس هذا فحسب، بل إن هذه الذبذبات ليست دائمة، حيث انها تنتشر ثم تختفي على شكل حزم من الموجات أو مجموعات من الموجات التي لا تدوم كل منها أكثر من نصف ساعة، أما مدى هذه الاهتزازات التموجية، فإنه ليس أكثر أهمية من مدى الضجيج الذي يميز القاع المضطرب بطبقات الفوتوسفير، ولهذا يصعب استشعارها أو التقاطها، وهكذا يمكن القول إن الشمس هي نجم هائل يمتاز باضطراباته المتكررة الدائمة وبضجيجه الهائل وبكثرة اهتزازاته ورجرجته وجيشانه، كما أن حركاتها التي يمكن رصدها وملاحظتها هي النتيجة الحتمية لتفاعل وتشابك عدة ملايين من الذبذبات ومن الحركات التموجية الاهتزازية المرافقة بأعداد مماثلة من الحركات التموجية الأفقية، ذوات الأطوال المتباينة. إن الحركات الأكثر أهمية وكبرا هي تلك التي يتراوح مداها بين ثلاث وست دقائق، ومع ذلك فإن سرعاتها قد لا تتجاوز 20سم/ ثا، ولقد سمحت أبحاث يولريش Ulrich وليباكر Leibacker وستاين Stein بالتعرف على الموجات الصوتية المصاحبة باضطرابات عنيفة جدا ضمن نطاق الحملان، ومع ذلك، فإنها تتحرك ضد الشمس مع بقائها فيها (دون أن تغادر الشمس) وهي مماثلة تماما للزلازل وللهزات الأرضية، وتتبعثر في الأعماق

وتنعكس وتتشابك فيما بينها عند السطح أو قربه، ويسبب ذلك حدوث الذبذبات التي يمكن تحديدها والتعرف عليها بدقة وتسجيلها في مراصد خاصة، هذا وقد أمكن التعرف على ذبذبات أخرى تتكرر بفواصل زمنية تصل إلى عشر دقائق وأخرى تصل إلى أكثر من ١٦٠ دقيقة، وقد كان هيل Hill أول من تعرف عليها، كما أن هيل وتلامذته أكدوا إمكانية التعرف على نحو عشرين ذبذبة Oscillations يتراوح طولها بين سبعة دقائق وستون دقيقة، وكلها أمور مازالت تنتظر البراهين الأكيدة، ومع ذلك، فإن التشوهات السطحية التي تقابل هذه الذبذبات التي تكلمنا عنها تتراوح عادة بين ٥كم و١٠ كم.

٧- جو الشمس (الكروموسفير) La Chromosphére

بعد مغادرة الفوتوسفير وعلى ارتفاع ٣٢٠كم (h=320Km)، ندخل نطاقا انتقاليا، يستمر فيه انخفاض درجات الحرارة إلى أن تصل حتى ٤٢٠٠°k عند حدود ارتفاع ٥٦٠كم، ثم نصل طبقة الكروموسفير الفعلية، التي تعود درجات الحرارة إلى التزايد فيها مع الارتفاع (شكل ٤)، والكروموسفير عبارة عن طبقة شديدة الاضطراب يتراوح معدل سماكتها بين ٥٠٠٠كم و٧٠٠٠كم، ولقد استمدت اسمها من شكل الهالة الشريطية الدقيقة ذات اللون الوردي التي تبدو محيطة بالشمس بوضوح تام وقت الكسوف، تحوم درجة حرارتها عند القاعدة حول ٥٠٠٠°، تزداد لتصل إلى ٩٠٠٠° على ارتفاع ٢٠٠٠كم وتبلغ نحو ٢٠٠٠٠° في أكثر نقاط الكروموسفير ارتفاعا.

هذا وتختلف الاشعاعات الصادرة عن الكروموسفير عن نظيرتها الصادرة عن الفوتوسفير، ولا يبدي طيفه سوى استمرارية طفيفة مخططة Zébré بأحزمة إشعاع (خطوط إشعاع) كثيفة جدا مؤلفة من الذرات المعتدلة والمتأنية (المتشردة) مثل Ha de l'hydogéne (Ha الهيدروجين) و H et k du calcium ionisé (H وK الكالسيوم

المتأين أو المتشرد) وحزام الأشعة تحت الحمراء للهيليوم و h et K du magnésium المتشردة ضمن الأشعة فوق البنفسجية (h و k المغنيزيوم).

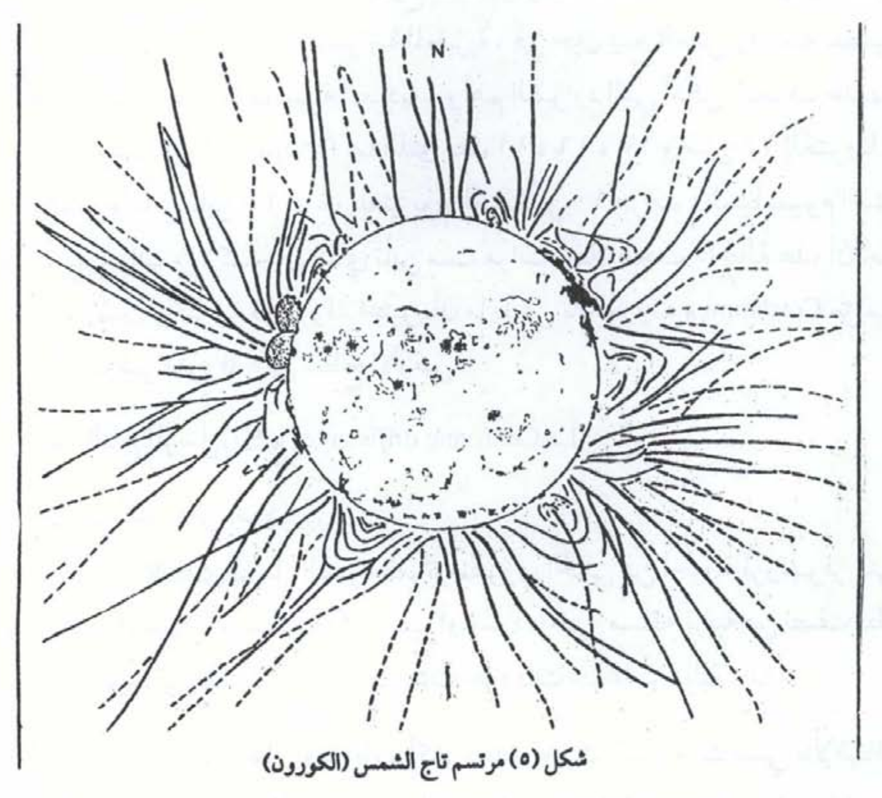
إن كثافة غازات الكروموسفير منخفضة، وتتناقص كثافتها أيضا مع الارتفاع بصورة محسوسة، ولكنه تناقص يبقى أقل من معدل التناقص الملاحظ في غازات الفوتوسفير، وتقترب درجة عدم الشفافية هنا من الصفر، كما تنطمس الظواهر الإشعاعية، كما يفقد مفهوم التوازن التيرموديناميكي أهميته هنا، وضمن الطيف، نجد أحزمة المعادن الثقيلة أو خطوطها ($T=6000\ ^{o}K$) بالإضافة إلى أحزمة الهيليوم المتأنية ($T= 20000\ ^{0}K$) في حين أن أهمية المغنيزيوم تتزايد مع الارتفاع.

لقد دلت الصور التي تم التقاطها لسطح الكروموسفير ضمن حزام Ha de l'hy-drogéne على وجود شبكة كروموسفورية مشادة البنية (بنيوية نموذجية)، متحدة بشكل أو بآخر مع حجيرات التخثر الحبيبي الكبير supergranulation. وحول المساحات المنبسطة الواسعة التي تتحرك عليها العديد من التيارات الأفقية، يلاحظ سلاسل مهمة وعديدة جدا من الأثلام والأخاديد المؤلفة من ألياف متطاولة تتحرك بسرعات تصل حتى بضع عشرات الكيلومترات تعرف باسم السبيكيولات (الشوكات) Spicules والتي يمكن تعريفها بأنها العناصر التي يتألف منها الكروموسفير الشمسي، وهي تحيط بحقول كروموسفيرية أفقية والتي يصل ارتفاعها فوق الفرتوسفير إلى نحو ١٠٠٠٠كم، وتتخذ هذه السبيليولات حركة تصاعدية نحو الأعلى باتجاه قاعدة التاج الكورون Couronne، حيث تتخذ أشكالا لا يزيد طول قطرها على ١٠٠ كم ولا يزيد معدل عمرها على بضع دقائق.

٨- تاج الشمس (الكورون) La Couronne

يتمثل بالقسم الخارجي من غلاف الشمس الغازي (الغلاف الغازي للشمس)، وهو عبارة عن وسط غازي مخلخل بشدة، كثافته الأعظمية لا تتجاوز مليار ذرة في السنتيمتر المكعب الواحدة، ويتناقص معدل لمعانه وبريقه بصورة منتظمة بالابتعاد عن هوامش الشمس وأطرافها، وشكله غير منتظم إطلاقا ويمتاز بمورفولوجيته

شديدة التعقيد نتيجة لاحتوائه على أعداد لا حصر لها من البنى المتضادة أو المتناقضة المرتبطة بالحقول المغنطيسية التي تلعب دورا جوهريا رئيسا (شكل ٥) ومن الصعوبة بمكان تحديد درجة حرارة تاج الشمس couronne، لأن التوازن التيرموديناميكي بعيد جدا عن التحقق هنا، ومع ذلك تتلاقى كافة المؤشرات هنا (إشعاعات شديدة ضمن إطار الأشعة فوق البنفسجية، وأشعة x، والاستجابات المسجلة في الحقول المغنطيسية، وأحزمة أو خطوط إشعاعات الذرات شديدة التأين أو التشرد) لتعطي قيما تتراوح بين مليون درجة مئوية وبضع عشرات الملايين من الدرجات، وعلى الرغم من شدة خلخلة الغازات هنا، فإن الذرات تقذف بسرعات هامة جدا، كما أن تصادمها الدائم ببعضها البعض، يسهم في تأينها وتشردها.



شكل (٥) مرتسم تاج الشمس (الكورون)

حددت ملامح الشكل وقت كسوف الشمس في ٢٢ أيلول (سبتمبر) عام ١٩٦٨.

ويبدو فيه بنية تاج الشمس (الكورون) شديدة التعقيد. (انظر شكل ٩ أيضا)

إن دراسة الإشعاع الكوروني (الإشعاع التاجي) Rayonnement coronal يسمح لنا بتحديد مكوناتها الرئيسية المتمثلة بكل من :

أ- التاج الإشعاعي La Cournne d'émission

لا يمتد سوى على مسافة قصيرة من سطح الشمس، ويرسل العديد من الحزم المونوكروماتية الكثيفة monochromatiques (أحادي الطول الموجي)، وتعتبر مشكلة تحديد هويتها والتعرف على ماهيتها من الأمور العسيرة جدا، وغالبية الأحزمة المذكورة تتفق أو تنطبق على ذرات الحديد والكروم والتيتات والكالسيوم. . . شديدة التأين (حيث إنها تأينت أو تشردت ٦٥، ١٠، ١٥ وحتى ٢٥ مرة)، وشكلت أطيافها غير المعروفة مواضيع بحث ودراسة متعمقة. لقد تبين أن بعض هذه الأحزمة والخطوط يسيرة الدراسة المخبرية، في حين يمنح العمل ودراسة بعضها الآخر ضمن الشروط المخبرية العادية، وأهم الشوارد التي أمكن التعرف عليها وتحديد هويتها هي : الحديد Le fer الذي فقد ١١، ١٦، ١٧ وحتى ٢٤ إلكترونا، والكالسيوم الذي تأين ٢٤ مرة والمغنيزيوم الذي تأين ١٠ مرات والسيليسيوم الذي تأين تسع مرات والأكسجين الذي تأين ست مرات، فلا عجب والحالة هذه أن نجد أول الدارسين وأكثرهم قدما وقد اعتبر بأن ما يدعى بالكورونيوم Coronium مؤلف من غازات غير معروفة على سطح الأرض.

ب- التاج المرسل(المشع) La Couronne diffusante

ويتألف بدوره من مركبين :

* المركب K الذي يرسل الضوء الفوتوسفوري الخالي من أحزمة فرونهوفر التي سبق الحديث عنها، ويسيطر هذا المركب أو يسود، حتى مسافة قريبة من نصف قطر الشمس، ويعزى هذا البث إلى إلكترونات حرة ذات سرعات عالية جدا.

* المركب F السائد على مسافات أكثر بعدا، ويبث الضوء الشمسي بالإضافة إلى أحزمة فرونهوفر، والمسؤول عن البث هنا، هو عبارة عن غبار دقيق جدا وذو درجات حرارة تحوم حول ١٥٠٠°k.

وخلال الكسوف الكامل للشمس يمكن تصوير تاج الشمس Couronne وذلك باستخدام مصاف (فلترات) خاصة، حيث يمكن إظهارها على شكل قرص وسط القبة السماوية، كما يمكن تصويرها باستخدام أشعة X انطلاقا من المركبات الفضائية والتوابع الاصطناعية.

جـ- الثقوب التاجية Les trous Cornaux :

عبارة عن نطاقات قاتمة (عاتمة) بأشعة x، تتوضح قرب القطبين عندما يكون امتدادها أصغريا، وقد تتمكن من الهبوط حتى خط الاستواء، بل يمكنها أن تصل بين القطبين (تمتد من قطب إلى آخر) وهذه الثقوب التاجية عبارة عن مناطق ذات حقل مغناطيسي وحيد القطب unipolaire، أو أن خطوط القوة فيها مفتوحة نحو الفضاء الخارجي، وهكذا تظهر على الصور التي نحصل عليها أوقات الكسوف الكلي ما يمكن أن ندعوه بالقلنسوات القطبية التي تتجمع فيها المادة تبعا أو وفق خطوط متباعدة قليلة التقوس، وتعتبر الثقوب التاجية هذه أكثر مناطق تاج الشمس Couronne برودة، وتتمتع بطقس شبه ثابت، كما أنها تدور بصورة كتلة وحيدة تبعا لطراز حركة الشمس ذاتها.

د- المقذوفات التاجية (الكورونية) Les jets coronaux :

وتتظاهر في كافة النطاقات باستثناء المناطق القطبية، وترتبط هذه المقذوفات عادة بالمناطق الفوتوسفيرية ثنائية القطب Photosphériques dippolaires التى تكون خطوط قوة الحقل المغنطيسي فيها مغلقة، متخذة شكل حلقة أو نضوة مغلقة، إن قاعدة المقذوفات واسعة جدا، ويمكن أن يميز فيها أقواس هائلة متراكبة أو مصندقة، ويزداد ضيق المقذوفات كلما ابتعدنا عن قرص الشمس، فعلى مسافات هائلة منها تتخذ مظهر خيوط ضوئية يمكن التعرف عليها من بعيد، وهكذا نخلص إلى القول إن بنية التاج Couronne وثيقة الارتباط ببنية الحقل المغناطيسي، وهي مفتوحة في المناطق القطبية وفي الثقوب التاجية Traux coronoux، في حين أن خطوطها تنغلق على شكل حلقات واضحة في المناطق اللامعة بأشعة x، حيث تتحرك ذرات

متشردة أو متأينة وجزيئات (الكترونات وبروتونات) مشحونة بالكهرباء، وتتطور هذه الحلقات ويزداد اتساعها في الوقت الذي يزداد فيه ضعف الحقل المغنطيسي.

ولابد من القول أخيرا إن درجة حرارة تاج الشمس Couronne solaire شديدة الارتفاع، لدرجة يصعب معها تفسير التفاصيل التي تكمن وراء هذا الارتفاع، وقد يكمن ذلك في الطاقة الآلية لتيارات المادة (تيارات مادة النطاق الحملاني - نطاق الحملان الحراري).

و- النشاط الشمسي L'activité Solaire

إن التعرف على النشاط الشمسي أمر يسير التحديد وبدقة متناهية، وذلك نتيجة لكونه دوري الطابع، بالإضافة إلى أنه نشاط موضعي ومحدد وشديد أوهام، وأكثر تظاهراته معرفة تتمثل بظهور الكلف والرقع الداكنة، التي يمكن ملاحظتها على السطح، ولكن الدراسات التي أجريت منذ عشرات السنين ضمن كافة مجالات الطيف المعروفة ابتداء من الأمواج الراديوكهربية (لاسلكي كهربي)-Radio éLec-trique وحتى أشعة x، بينت أن اللطخ الشمسية ليست سوى إحدى ملامح ظاهرة أكثر شمولية وعموما، والتي لا يمكن عزل جوانبها الواحدة عن الأخرى: الولادة La naissance، التطور l'évolution، واختفاء disparition مركز فعال centre actif.

إن الاضطرابات التي تحدثها هذه المراكز الفعالة تحدث تأثيرات مهمة وعلى مسافات بعيدة لذا تبدو قضية دراستها أمرا جوهريا بالغ الخطورة والأهمية، وتلعب الحقول المغنطيسية دورا كبيرا في ظهور المراكز الفعالة وفي تطورها اللاحق، لذا يبدو جوهريا محاولة دراسة وفهم الخصائص الرئيسية للمغنطيسية الشمسية.

إن الحقل المغناطيسي الإجمالي للشمس هو حقل مزدوج أو ثنائي القطب وضعيف نسبيا (1 غوس Gausse وسطيا)، ومع ذلك يمكن ملاحظة العديد من الحقول الأكثر قدرة وأهمية بكثير، رغم كونها محلية أو موضعية، ولكنها تشكل أساس المغنطيسية الشمسية، ويمكن أن نجدها بصورة خاصة على شكل نويّات

صغيرة الأبعاد، تبدو على أشرطة الصور الملتقطة على شكل لطخ رمادية صغيرة مبعثرة بين ما دعوناه آنفا بحبيبات الرز التابعة لقاعدة الفوتوسفير، وتصل شدتها إلى قيم تتراوح بين ١٠٠٠ و ٢٠٠٠ غوس Gausse والتدفق أو التيار Flux يتفق مع ١٨١٠ ماكسويل Maxwelle، كما توجد حقول مغنطيسية أقل اضطرابا بكثير (١٠٠ غوس).

وهكذا يكون حقل الشمس المغنطيسي مركزا Concentré محليا ضمن قناة Tube أو بالأصح أقنية Tubes مؤلفة من تيارات أو تدفقات متشابكة تتفاعل مع المواد المكهربة التي تحويها، وهنا تحديدا، يتدخل الدوران التفاضلي Rotation dif-ferentielle -الذي سبق الحديث عنه- حيث تدور المناطق الاستوائية بسرعة أكبر من سرعة دوران مناطق العروض العليا، وهكذا يتحول الحقل ثنائي القطب Dipolaire إلى حقل دوراني معقد، نتيجة لجر أقنية التيارات أو التدفق المذكورة وإجبارها على الانطواء حول نفسها على عدة حلقات أو دورات ضمن المناطق الاستوائية، وتقاوم هذه الأقنية للتبدلات لفترة محدودة، ولكن حلقاتها ما تلبث أن تبدأ بالتطاول وفق اتجاهات التفافها أو انطوائها Enroulement، ولكن هذا التطاول لا يستمر إلى ما لا نهاية، فإذا زاد على حد يفوق لدونتها تنقطع، مما يؤدي إلى ظهور أقنية القوة -أو أنابيبها إن جازت لنا التسمية- من الفوتوسفير ضمن قطاع من القطبية أو الاستقطاب الموجب polarité positive، تعود فتغطس Replonge ثانية وعلى مسافة محددة ضمن قطاع من القطبية أو الاستقطاب السلبي Polarité négative، وبين هذين القطاعين، تبدو خطوط القوة Lignes de force مرتفعة ضمن الكروموسفير Chromosphére، وفي قاعدة تاج الشمس Couronne، وهكذا يولد المركز الفعال Centre actif.

٩- اللطخ أو الكلف الشمسية Les taches solaires

إن ضغط وكثافة غاز ضمن أنبوب قوة مغنطيسي يكون داخل الأنبوب أقل أهمية من الخارج، كما أن درجة الحرارة داخل الانبوب تكون أقل من نظيرتها في

الخارج، وهذه الخاصة تسمح لنا بتفسير بنية اللطخ أو الكلف الشمسية، ففي القسم المركزي الذي يدعى بالنواة Noyau لا تزيد درجة الحرارة على ٤٥٠٠ْ مئوية عن درجة حرارة الوسط المحيط بها من الفوتوسفير، ولهذا السبب فإن الكلف أو اللطخ المذكورة تبدو أكثر ظلمة مما يحيط بها من قرص الشمس.

إن الشدة الضوئية للظل المذكور لا يتعدى ١٠٪ من نظيرتها التي يمكن قياسها على قرص الشمس، مع ذلك، فإن كلفة شمسية ما أكثر لمعانا وبريقا بكثير من قوس كهربائي ما.

إن نوى هذه الكلف أو اللطخ هي من نموذج الطيف K كما هي الحال في نجوم:

Aldébaran و(الدب الأكبر Pollux ou Dubhe (B، وتتخذ لونا محمرا، ولا تبدو سوداء إلا نتيجة للتناقض مع لون الوسط المحيط بها ولمعانه الشديد، أما الحقول المغنطيسية التي تسود عليها فهي شديدة أو ذات استطاعة عالية:

.(B= 3000 Gausse , Flux correspondants de 10^{20} a 10^{23} Maxwelles)

ويمكن للفلكيين التعرف عليها بواسطة دراسة الأطياف بدقة (عبر تحليل الأحزمة أو الخطوط البسيطة إلى ٣ـ٢ حزاما بتأثير قانون زيمان effet Zeemann وفي أغلب الأحيان، تكون نواة لطخة أو كلفة ما، محاطة بالتاج Couronne غير المنتظم هنا ولكن ذو لون فاتح (كاشف) يعرف باسم الظُلَيْل أو الظل الزاهر Pénombre، الذي يشكل بدوره نطاقا انتقاليا فعليا بين النواة وبين الفوتوسفير العادي، ويكون (أي الظليل) مخططا Zébrée بخطوط متعاقبة أو متتالية قاتمة وأخرى فاتحة اللون، وهذا ما يوحي بأن المادة فيها قد توضعت أو وُجهت تحت تأثير حقول المغنطيسية، ويصل عرض كل شريط منها إلى حوالي ٥٠٠ كم.

يبدو أن الطاقة المغنطيسية لهذه الرقع أو الكلف قد استهلكت في حركات الحملان التي تتم في أعماق الفوتوسفير، وعلى الرغم من ظهور بعض النقاط

المضيئة التي تلاحظ بصعوبة بالغة ضمن ظلال الكلف أو اللطخ فإن نشاط الحملان يبدو وكأنه قد عطل فيها أو على الأقل تباطأ كثيرا فيها.

والكلفة الشمسية عبارة عن منطقة اضطراب مغنطيسية هيدرو ديناميكية هامة جدا، Magnétohydrodynamique وتتراوح أبعادها بين ١٠٠٠٠كم و٨٠٠٠٠كم، وفيها تترسب عادة غازات أعالي الغلاف الغازي بسرعة تصل إلى ٤كم/ ثا، في حين أن غازات قاعدة الغلاف الغازي تغادرها بسرعة لا تزيد على ٢كم/ ثا، وفي الظل، تلاحظ درجات حرارة منخفضة، تسمح بتشكل جزيئات دياتومية Mol-écules diatomiques (مثلا Cahو Mgo وTio)، ولابد من الإشارة أخيرا، إلى أن الحقل المغنطيسي يتخذ اتجاها عموديا في مناطق الظل، في حين أنه يغدو أفقيا في مناطق الظليل أو الظل الزاهر Pénombre.

١٠- البقع اللماعة (البقع الشمسية اللماعة) أو الصياخيد Faculess والخثرات التاجية Faculess et condensations coronales[(١)]

يؤدي الحقل المغنطيسي إلى تناقص درجات الحرارة واللمعان باتجاه أعماق الفوتوسفير، ولكن وفي الارتفاعات، وضمن طبقات الفوتوسفير العليا، وكذلك ضمن الكروموسفير وضمن التاج، يحدث العكس تماما، حيث يؤدي الحقل المغنطيسي إلى زيادة الكثافة ويدعم درجات الحرارة موضعيا وهذا ما يولد ما يعرف بالبقع اللماعة Facules الفوتوسفيرية والكروموسفيرية، بالإضافة إلى حدوث الخثرات التاجية Condensations coronales، وتظهر غيوم لامعة وكثيفة وحارة حتى ارتفاعات شاهقة مشرفة على المراكز الفعالة، ولكن هذه الظاهرة تبقى محدودة الأهمية ضمن الفوتوسفير الخارجي، ولكن تزايد الكثافة التي تتصاحب بتزايد درجة الزوبعية تبقى ظاهرة أكثر أهمية بكثير ضمن الكروموسفير، حيث تنشأ وتتطور هنا بلاجات من البقع اللماعة Des plages foculaires تزيد مساحاتها على

---

(١) Facules = نقاط وقطاعات شديدة البريق واللمعان تتوضح في قرص الشمس، تسبق نشوء وتشكل الكلف أو اللطخ الشمسية عادة.

بضعة مليارات الكيلومترات المربعة، كما أن الحقول المغنطيسية السائدة فيها تكون بالغة القوة والأهمية إذ أنها تتروح بين ١٠ و١٠٠ غوس Gausse وسطيا، ويضم طيفها العديد من الأحزمة المشعة (هيدروجين، هيليوم، كالسيوم والكثير من العناصر الأخرى المعتدلة والمتأنية أو المتشردة)، كما أن التكاثفات الكورونية تكون حارة وواسعة الامتداد والانتشار، وتعتبر بمجملها مصادر إشعاع تطلق الأشعة فوق البنفسجية وأشعة x بالإضافة إلى الموجات الراديوكهربية Radio électriques.

١١- الأسنام Les Protu bérances[(١)]

تلعب دور مجمّع للمواد الباردة، وتتخذ هذه الأسنام شكل تيارات مهمة من الذرات المتأنية، وهي تتبع خطوط قوة الحقل المغنطيسي راسمة خطا حلزونيا واضحا، وتبدو على قرص الشمس على شكل خيوط طويلة وقاتمة، في حين أنها لماعة في Ha عندما تنعكس على صفحة السماء، وعلى الرغم من الجاذبية الهائلة، فإن الجزيئات المكهربة المحصورة بحقل مغنطيسي شديد وقوي، ترتفع إلى سويات كبيرة جدا قبل أن تسقط مجددا باتجاه السطح، كما تتعدد هنا التيارات القوسية، وتتقاطع محاور اتجاهاتها الرئيسة بالإضافة إلى ظهور اللولبيات أو الحلزونيات vo-lutes والأعمدة والأقواس التي ما تلبث أن تنهار راسمة مشاهد بديعة في حركتها المذكورة، أما أطوال الأسنام المذكورة فهي شديدة التباين، تتراوح عموما بين ١٠٠٠٠٠كم و٥٠٠٠٠٠كم وقد يتجاوز طول بعضها ١٠٠٠٠٠٠كم، في حين أن سماكتها لا تتجاوز ٥٠٠٠ كم، أما ارتفاع الأقواس والدرجات التي تتشكل فيها فإنه محصور عموما بين ٥٠٠٠٠كم و٢٠٠٠٠٠كم، وقد تتخذ الأقواس المذكورة أشكالا بسيطة دون أن تلامس الكروموسفير سوى في نقطتين اثنتين أو ثلاث نقاط استناد، وتتخذ بنيتها الدقيقة شكلا خيطيا قنبيا، وقد تختفي نتيجة حركة المادة في اتجاه غير منتظر أو متوقع، وبشكل عام يمكن تمييز:

أ- الأسنام الساكنة Les protubérances quiescentes: تتطور بهدوء قبل أن

---

(١) protubérance= Ejection de matiére, Frequemnent observél outour du disque Soloure.

تشهد فترة استقرار وثبات كامل، ويمتد عمرها ليساوي عدة دورات للشمس حول نفسها، ولا يتجاوز ارتفاع هذه الأسنام ١٠٠٠٠٠كم إلا بصورة نادرة.

ب- الأسنام الناشطة Les protubérances actives: تمتاز بحركاتها الداخلية السريعة، وتتراوح فترة ديمومتها بين بضع دقائق وبضع ساعات فقط، وتمتاز هذه الأسنام بديناميكيتها الشديدة، وبتعرضها لتبدلات وتغيرات مستمرة، كما تنتقل موادها من موضع إلى آخر بصورة دائمة أيضا، سالكة مسارات متعرجة ومنحنية.

جـ- الأسنام الاندفاعية ذوات البثور Les protubérances éruptives:

ترتفع غالبا بشكل عمودي وبسرعة تصل إلى ١٠٠٠ كم/ ثا، ويمكن أن تصل ارتفاعاتها إلى نحو ١٠٠٠٠٠٠كم، وقد تندفع بعض موادها في الفضاء الخارجي، وقد يتكرر حدوث الانفجار والاندفاع عدة مرات في المكان نفسه.

د- هنالك نموذج خاص من الأسنام التي يرتبط ظهورها بالاندفاعات الكرموسفيرية تعرف باسم السُرجات (الأسنام القائمة) Surges، وترتفع فوق الكروموسفير بشكل عمودي بسرعات تصل إلى عدة مئات الكيلومترات في الثانية، وتصل في أقصي ارتفاع لها إلى عدة عشرات آلاف الكيلومترات قبل أن تعود فتهبط باتجاه السطح.

١٢- تطور مركز فعال (ناشط) L'évolution d'un centre actif

تعتبر الكلف أو اللطخ والبقع الشمسية اللماعة Facules الفوتوسفيرية والكروموسفيرية والتكاثفات الكورونية condensations coronales والأسنام protubérances من التظاهرات المتتالية التي قد تتشابك وتتفاعل مع بعضها البعض متزامنة أو مرافقة لتطور مركز فعال ما، ويتم هذا التطور وفق المراحل التالية:

* اليوم الأول: تظهر غيمة صغيرة لامعة ضمن الكروموسفير، لا يلبث أن يرافقها تكاثف كورونالي أو كوروني (تاجي)، محلي أو بالأصح نقطي Ponctuelle

ولكنه شديد اللمعان والبريق بأشعة x، ثم يزداد حجمه واتساعه متطاولا وباتجاه شرق/ غرب تبعا لحركة الشمس حول نفسها.

* اليوم الثاني أو الثالث: تظهر أولى اللطخ على الجزء الغربي من بلاج البقع اللماعة Plage Faculaire لا يلبث أن يعقبها ظهور لطخة ثانية شرقا، تعرّيهما فيما بعد ظُليل (ظل زاهر) Pénombre ذو أبعاد لا تتجاوز ٢٠٠٠كم، ولكنها تتزايد بسرعة لتتراوح بين ١٠٠٠٠كم و٨٠٠٠٠كم.

* بين اليومين الثالث والعاشر: لا تتوقف مساحة بلاج البقع اللماعة Plage fac-ulaire عن النمو والاتساع، في حين يزداد تباعد اللطختين، آنفتي الذكر باتجاه شرق/ غرب، كما يظهر عدد كبير من الكلف أو اللطخ الثانوية التي قد يصل عددها إلى بضع عشرات وقد يصل أو يزيد على المائة، ويغطي المجموع سطحا هائلا تزيد مساحته على مساحة كوكب الأرض وهكذا زاد طول مجموعة ٤ شباط ١٩٤٦ عن ٢٥٠٠٠٠كم، في حين تجاوز طول مجموعة ٣ نيسان ١٩٤٧ التي ضمت ١٠٧ لطخات، ٣٢٠٠٠٠ كيلومتر، وهذا ما يعادل ٨٠٪ من المسافة الفاصلة بين الأرض والقمر تقريبا، ونحو ضعف قطر الأرض بحوالي ٢٥ مرة، وتبقى مجموعة كهذه ثنائية القطب، فاللطخات الأولى ضمن اتجاه دوران القرص حول نفسه تدعى لطخ الرأس التي تمثل قطبا مغنطيسيا شماليا أو جنوبيا معاكسا لما يليه أي معاكسا لما يعرف بلطخ الذيل، وثنائية القطب هذه لمركز فعال تكون بالغة الوضوح في حالة مجموعة تضم لطختين رئيسيتين لهما قطبية متعاكسة دائما، وتكون لطخات الرأس أكثر قربا من الاستواء (٣ْ ـ ٢) بالمقارنة مع لطخات الذيل، كما أنها أقل عددا وأكبر اتساعا.

* من اليوم العاشر حتى اليوم الخامس والعشرين: يستمر بلاج البقع اللماعة بالامتداد والاتساع، كما تتراجع لطخ الذيل التي ينتهي بها الأمر إلى الاختفاء، ففي المرحلة الأولى تظهر العديد من الخيوط والأحزمة غير المستقرة، ولا يستمر وجودها سوى فترة قصيرة، وبعدها ينقسم المركز الفعال إلى جزأين اثنين يفصل بينهما حزام داكن متعرج وثابت.

* حوالي اليوم السابع والعشرين : تختفي كافة اللطخ باستثناء لطخة الرأس التي كانت أول لطخة ظهرت أو تشكلت، ويزداد معدل استطالة الحزام الداكن في الوقت نفسه الذي يتناقص فيه ميله باتجاه خط الاستواء، وعندها تغدو المجموعة وحيدة القطب.

* بين اليومين السابع والعشرين والرابع والخمسين: تختفي لطخة الرأس الأولية، كما تستمر استطالة الحزام الداكن وتنطمس معالم بلاج البقع اللماعة الذي يختفي بعد ثلاثين يوما.

وفي اليوم رقم مائة، يغدو الحزام الداكن مواز لخط الاستواء ويبلغ اقصى طول له، ثم يبدأ بعدها بالتجزؤ وبالاختفاء التدريجي.

إن السيناريو آنف الذكر هو نموذجي تماما، ولا يصادف في الطبيعة إلا بصورة نادرة جدا، وحياة المراكز الفعالة ذات الأبعاد الصغيرة هي عادة أقصر مما سبق وصفه، وقد لا تتجاوز بضعة أيام، ويمكن لبعض المجموعات أن تصبح متعددة الأقطاب، وفي بعض الأحيان، يمكن لمركز فعال عائد لجيل ثان أن ينمو ويتطور ضمن أو وسط مركز أكثر قدما، وهكذا يمكن تأكيد إمكان حدوث تطورات متراكبة، وبالتالي تغدو شديدة التعقيد والتشابك مولدة ظواهر غير عادية.

١٣- الاندفاعات الشمسية Les éruptions Solaires

مما سبق يمكن تعريف المركز الفعال، بأنه عبارة عن مناطق محددة من سطح الشمس، تندفع أو تخرج منها حقول مغنطيسية شديدة، وهي ذات بنية ثنائية القطب، وخطوط القوة فيها، تخرج من الفوتوسفير لترتفع ضمن الكروموسفير وضمن التاج، لتعود فتلج ثانية ضمن الفوتوسفير في نقطة بعيدة عن مكان انطلاقها أو خروجها الأولي منه، ولكنه، وأثناء تطور مركز فعال فإن الشكل البسيط للحقل المغناطيسي ليس قاعدة يجب حدوثها، بل يمكن حدوث أشكال غير عادية ولا ثابتة وشديدة التبدل والتغير، ناجمة عن تراكب مركزين أو عدة مراكز ثنائية القطب

وعادية، أو عن ظهور أقطاب كاذبة مؤقتة، وفي هذه الحالة، فإن بنية الحقل المغنطيسي تغدو معقدة، ولا تستطيع المحافظة على حالها فترة زمنية طويلة، حيث تتطور ويعاد تشكلها مجددا، وتتكرر هذه الظاهرة عدة مرات عموما خلال مراحل تطور مركز فعال، وتظهر أولى بوادر أو علامات النشاط الاندفاعي بعد ٢ إلى ٥ أيام لتصل ذروتها بعد ١٠ ـ ١١ يوما، لتعود فتتراجع تدريجيا وبصورة محسوسة حتى اليوم الخامس والعشرين، وهكذا تظهر خلال فترة حياة مركز فعال العديد جدا من الاندفاعات الصغيرة، إلى جانب اندفاعات أخرى أكثر أهمية بكثير، والاندفاعات الصغيرة تؤثر في مساحات لا تزيد على بضع مئات ملايين الكيلومترات المربعة، في حين أن الاندفاعات الأكثر أهمية تستطيع التأثير في مساحات تتراوح بين ١ و ٥ مليارات كيلومتر مربع وأثناء ثوران أو اندفاع ما Eruption، تنقلب الطاقة المخزونة ضمن الحقل المغنطيسي بصورة سريعة وعنيفة إلى طاقة آلية حركية أو ميكانيكية وإلى إشعاعات كهرمغنطيسية Eléctromagnétique ضمن كل مجالات الطيف.

ويكون البث بالغ الأهمية على طرفي الطيف (الأمواج الهيرتزية وإشعاعات x) وهنالك جزء من الإشعاع المبث أو المطلق من أصل حراري (ذو منشأ حراري)، كما يوجد اندفاع لوحظ في حزمة Ha الهيدروجينية، ويمتاز هذا الاندفاع المذكور، بالظهور المفاجئ لأحزمة أو لخيوط متعرجة وشديدة اللمعان، وعلى أطراف الشمس وهوامشها، تنهض حلقة متلألئة (لامعة جدا) إلى ارتفاع عدة آلاف الكيلومترات في قاعدة التاج.

إن أحزمة الحديد المتأينة أو المتشردة من ٢٠ إلى ٢٥ مرة، تشكل شاهدا مهما على الارتفاع الكبير لدرجات الحرارة التي يمكن أن تتراوح بين ٢٠ْ و ٣٠ْ مليون درجة مئوية، وإلى جانب ذلك، تحدث بعض الإشعاعات ذات أصل غير حراري متفقة على هبات الجزيئات المكهربة ضمن خطوط قوة الحقل المغنطيسي، وتتخذ هذه الإشعاعات في أغلب الأحيان شكل قفزات ودرجات قصيرة أو رجفات لكنها شديدة العنف، ويمكن لهذه الجزيئات أن تبقى محتجزة قرب الشمس، أو مطلقة

باتجاه الفضاء الخارجي الممتد بين كواكب المجموعة الشمسية، وذلك على طول خطوط القوة المغنطيسية المفتوحة، وعندها يمكن لها أن تصل الأرض مسببة اضطرابات بالغة الأهمية، وشائعة في أعالي الغلاف الغازي الأرضي (أعالي غلاف الأرض الغازي) وأهم هذه الجزيئات تتمثل بالبروتونات، والإلكترونات والهيليونات، كما تسبب الاندفاعات الشمسية العديد من موجات الصدم التي تستطيع أن تنتشر بعيدا عن المنشأ محدثة اضطرابات وحركات مزج وخلط وتخريب لبنى ثابتة قبل وصول الموجات المذكورة.

١٤- الإشعاع الراديوكهربي الشمسي Lerayonnement Radio éLectrique Solaire

تطلق الشمس إشعاعا راديو كهربيا Radio éleetrique يمكن ملاحظته على كافة أطوال الموجات، ومصادر هذا الإشعاع عديدة جدا في الواقع، وكل مصدر منها يمكنه إطلاق نموذج بث وإشعاع أو أكثر، ويمكن أن نلاحظ بصورة رئيسة:

أ- إشعاع الشمس الهادئة L'émission du soleil calme: وهو بث أو إشعاع ثابت يمكن ملاحظته وقت النشاط الشمسي الأصغري، وينشأ ضمن غلاف الشمس الغازي، ويعتمد أطوال أمواجه على معدل ارتفاعه: فالأطوال الميللمترية (الأمواج ذات الأطوال الميلليمترية) والسنتيمترية تنشأ أو تولد في قاعدة الكروموسفير، أما الأمواج ذات الأطوال الديسيميترية فإنها تنشأ في أعالي الكروموسفير، أما الأمواج ذات الأطوال المترية فإنها تنشأ وتنطلق من ضمن التاج، وفي كل الأحوال، كلها عبارة عن إشعاع حراري.

ب- مركب القاعدة: متبدل غالبا، وهو ذو أصل حراري وبالغ الوضوح ضمن الأمواج ذات الأطوال الديسيميترية، وتنطبق على التبدلات الدورية لكثافة التاج الإلكترونية.

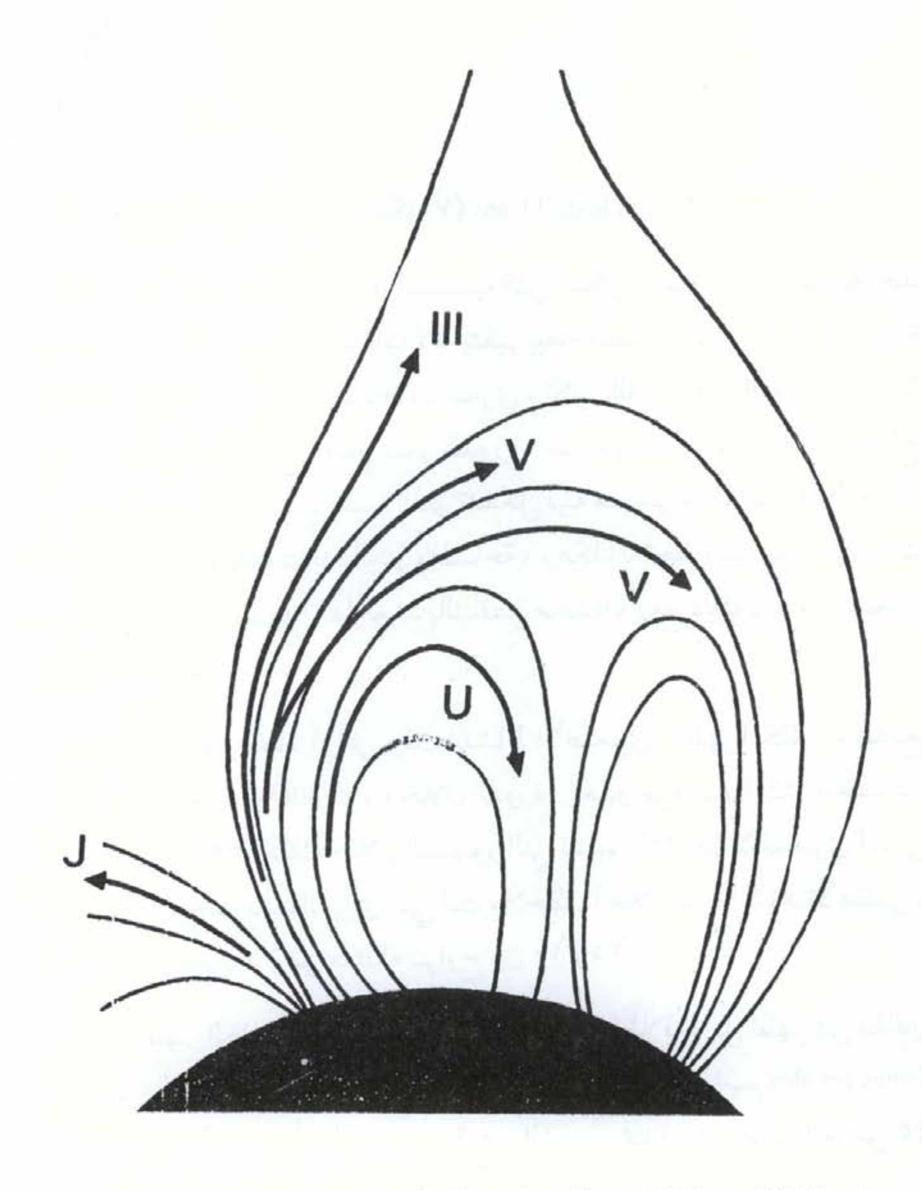
جـ- المركب المتغير ببطء: وينبعث أو ينطلق عن التكاثف الكوروني (التاجي) الذي يهيمن أو يشرف على المراكز الفعالة، وأطوال الموجات السائدة هنا هي

الأطوال السنتيمترية والديسيميترية، وتتبدل شدتها تبعا لنظام دورة شمسية طولها أحد عشر عاما.

د- الرجفات: وتتمثل بمؤشرات وظواهر للنشاط الشمسي، يتراوح عمرها بين بضع ثوان وبضع ساعات، وهي وثيقة الارتباط بالمراكز الفعالة، وبالاندفاعات، وبتموجات البلاسما، وبالإشعاعات المنبعثة أو المنطلقة أوقات الرجفات المذكورة تنطبق على التحركات شديدة السرعة لجزيئات المكهربة (وخاصة الإلكترونات) ضمن خطوط القوةالتي تتخذ شكل حلقات ضمن المناطق الفعالة أو الناشطة.

إن بعض حركات البلاسما وتموجاتها، ذات درجات حرارة شديدة الارتفاع، قد تمثل النتيجة المباشرة لمرور أمواج الصدم ذات المصادر العديدة والمختلفة (وبعبارة أخرى، أمواج الصدم القادمة، تسبب حدوث العديد من الحركات والتموجات ضمن البلاسما)، وتصنف الرجفات ضمن مجموعات أو عدة زمر تمثل كل منها نموذجا محددا، وأهم النماذج المعروفة هي: I. II. III IV V وذلك تبعا لطول فترة ديمومتها وتبعا للمتغيرات أو للتبدلات الزمانية لشدتها ولقوتها وتبعا لأطياف ترددها. إن الرجفات من الطراز III تبدي تبدلات من نموذج J أو U وطراز IV يشكل مركبا فعليا: نماذج IV u (مركب على ميكرو أوند أو موجة مجهرية)، IV dm (مركب ديسيمتري، IV mf، IV ma، مركب متري (شكل ٦).

* عواصف الضجيج: يمكنها أن تدوم ثلاثين دقيقة، أو أنها تستمر لعدة أيام وهي منبعثة من المناطق الواقعة قرب المراكز الفعالة، وتتفق مع تلاقي عدة رجفات من نموذج I و III، وهذين النموذجين من العواصف مرتبطين ببعضهما البعض، وهما ناجمين عن تفاعل وتشابك عدة مناطق فعالة فيما بين بعضها البعض.



شكل (٦) ضمن اندفاع تاجي، إلكترونات تنتج أو تشكل رجفات من نموذج J و u و v و III

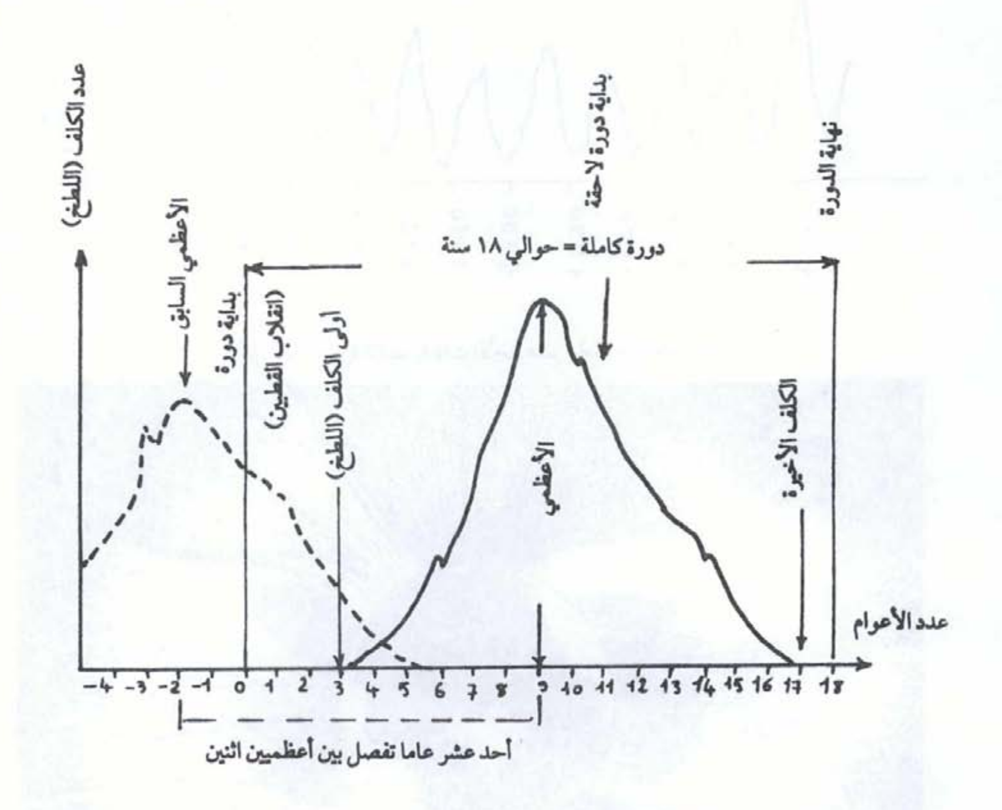
١٥- دورة الأحد عشر عاما (شكل ٧) Le cycle de 11 ans

إن النشاط الشمسي والفعالية الشمسية التي تشكل اللطخ الفوتوسفيرية أحد شواهدها الرئيسة، ليس نشاطا ثابتا لأنه يتغير ببطء وبصورة دورية، مدة كل دورة منها أحد عشر عاما، ووقت النشاط الأصغري، تكون اللطخ قليلة العدد، ولكن لا تلبث أعدادها بالتزايد مع تقدم عمر الدورة، حيث يزداد عدد الكلف أو اللطخ بصورة منتظمة، في الوقت نفسه الذي تتشكل فيه مجموعات متزايدة التعقيد متضمنة كلفا أو لطخا متزايدة الكبر والمساحة، وهكذا يلاحظ أكبر عدد منها وقت النشاط الأعظمي، ثم يبدأ هذا العدد بالتناقص مجددا، ومع ذلك لابد من تسجيل الملاحظات التالية:

١- في بداية دورة ما، أي في وقت النشاط الأصغري، تظهر الكلف أو اللطخ في العروض العليا 42°/40° ±، وخلال الدورة، تغدو عروضها أكثر انخفاضا لتصل حتى 0/10°± وذلك خلال الشهور التي تسبق النشاط الأصغري التالي مباشرة، أما المجموعات الكبرى التي تمت ملاحظتها خلال فترةالنشاط الأعظمي، فإنها لوحظت على عروض معتدلة تتراوح بين ١٠° و٢٥°.

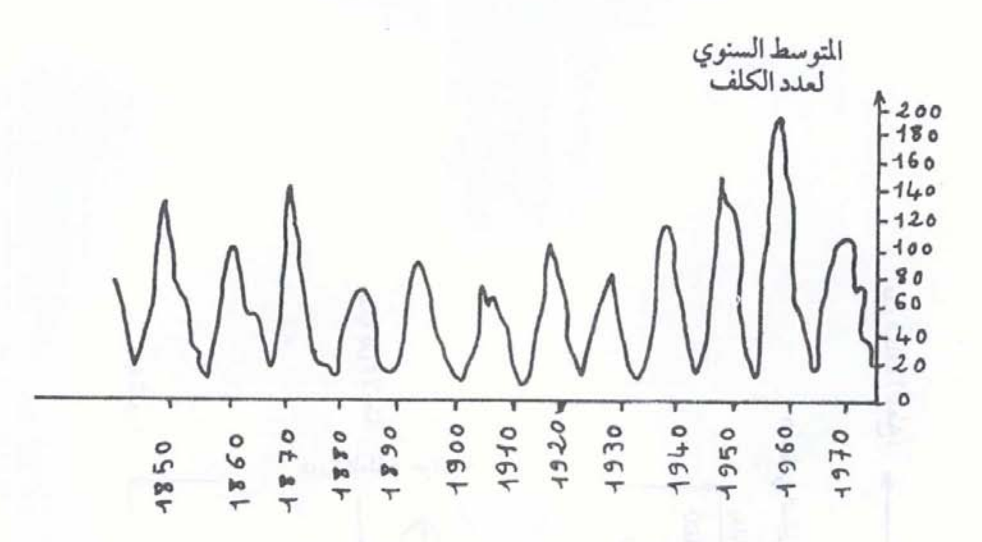
٢- لا تظهر الكلف أو اللطخ في المناطق القطبية إطلاقا، بل تظهر في نطاقين متناظرين بالنسبة لخط الاستواء، وتعرف هاتين المنطقتين باسم Zones royales مغطية الأجزاء الوسطى أو المركزية من قرص الشمس ممتدة حتى خطي العرض ٤٥° تقريبا.

٣- إذا أبدت كلفة أو لطخة الرأس ولسبب ما، وفي وقت ما، في النصف الشمالي قطبية مغنطيسية جنوبية، فإن الكلفة أو اللطخة المذكور تمثل أو تشكل قطبية مغنطيسية شمالية في النصف الجنوبي.

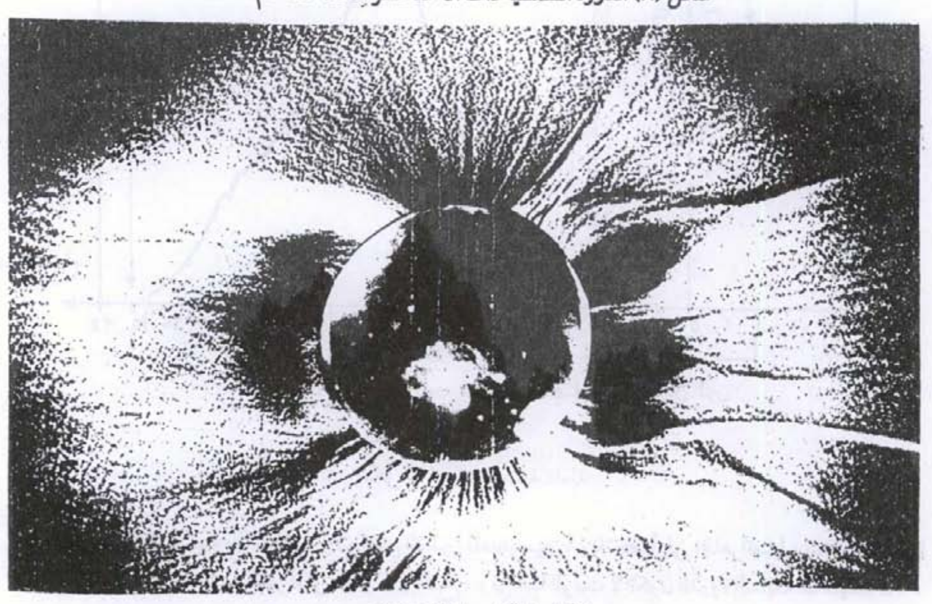


شكل (٧) دورة شمسية كاملة

تبدأ الدورة الشمسية مع انقلاب أو انعكاس القطبين المغنطيسيين، وتلاحظ أولى تظاهراتها في العروض العليا وبعد ثلاثة أعوام من البداية، تظهر أولى الكلف أو اللطخ، وفي هذا الوقت لا تكون الدورة السابقة قد انتهت تماما، وعلى هذا فإن الدورة الشمسية الكاملة تستغرق ١٨ عاما تفصل بين انقلاب القطبين وبين الكلف الأخيرة.



شكل (٨) الدورة الشمسية ذات الأحد عشر عاما، منذ عام ١٨٥٠



شكل ٩ الكورون (التاج) الشمسي

تم التقاط صورة للتاج (الكورون) **couronne** باستخدام مصفاة (فلتر خاص وقت حدوث الكسوف الكلي في ٣٠ حزيران عام ١٩٧٣، تم تصوير قرص الشمس بأشعة x في اللحظة ذاتهاو ثم وضعت الصورتان أو وضع الشريطان فوق بعضها البعض، لاحظ القلنسوات (الريش) القطبية (خطوط قوة الحقل المغنطيسي والتيارات الكورونية (التاجية) التي يمكن رؤيتها من مسافة ثلاثة ملايين كيلومتر، قاعدة هذه التيارات المندفعة تكون عريضة جدا وواسعة متخذة بنية خاصة على شكل حلقات مغلقة).

٤- خلال دورة ما، إذا اتخذت اللطخ الرأسية في أحد نصفي الكرة الشمسية قطبية محددة، فإنها تشكل في النصف ذاته قطبية معاكسة خلال الدورة اللاحقة، وهكذا يمكن القول إن مدة الدورة الشمسية هي ٢٢ سنة فعليا وليس ١١ سنة.

٥- تخضع اللطخ لحركة خاصة بها بالمقارنة مع ما يحيط بها، ولهذا فإن دورة كلفة أو لطخة ما على خط الاستواء حول نفسها تستغرق ١٤ و٢٥ يوما، في حين أن دورة الكرة الشمسية حول نفسها لا تستغرق سوى ٢٤,٦٤ يوما، وهكذا فإن سرعة حركة اللطخة (الحركة الخاصة باللطخة) تصل إلى ٣٦٠٠ كم/اليوم، وفي اتجاه تراجعي أو تقهقري.

٦- خلال فترة تصاعد دورة مؤلفة من أحد عشر عاما وحتى النشاط الأعظمي لها، تشكل بعض الخيوط الثابتة نوعا من حزام مستمر حول خطي عرض ٦٠° و٨٠°، ويبدو أن بعض هذه الخيوط يهاجر نحو القطبين، ويبقى بعضها الآخر في مكانه، وتشرف على هذه الأسنام protubérances أقواس ضوئية تمثل بدورها اندفاعات كورونية أو تيارات كورونية وهذه الرابطة، شديدة التكرار والحدوث بشكل عام.

وفي الواقع، يبدو أن الدورة الفعلية لنشاط الشمس لا تستمر أحد عشر عاما بل تستمر ثمانية عشر عاما، ذلك لأن للشمس حقلا مغنطيسيا ثنائي القطب، وهذا الحقل الضعيف، يمكن ملاحظته قرب القطبين، لأن هذا الحقل المغنطيسي الدائري ينعكس كل إحدى عشر سنة، أي قبل ظهور أولى لطخ وكلف دورة ما بحوالي ثلاث سنوات.

وهذا الانقلاب، يمثل البداية الفعلية لدورة ما، وباعتبار أن أواخر الكلف أو اللطخات العائدة لدورة ما، تتشكل بعد فترة زمنية تتراوح بين ٢ إلى ٣ سنوات من زمن تشكل أولى لطخ الدورة اللاحقة، فإن الطول الفعلي لدورة ما هو ١٧ إلى ١٨ سنة، وهكذا فإن الدورات المتلاحقة تكون متصندقة زمانيا ضمن بعضها البعض.

سلسلة أعداد الدورية لعامي ١٩٩٥ ـ ١٩٩٦

١٧٦ ـ السهول الحصوية في دولة الامارات العربية المتحدة	د. حسن أبو العينين
١٧٧ ـ مستقبل الأراضي الجافة	أ. د. جودة حسنين جودة
١٧٨ ـ أثر الوظيفة السياحية على خريطة استخدام الأرض في مدينة أبها	د. احمد حسن ابراهيم حسن
١٧٩ ـ الرعي التقليدي ـ نظام رعي في طريقه إلى الزوال	أ. د. جودة حسنين جودة
١٨٠ ـ سكان محافظة مسقط في القرن العشرين	د. طه عبد العليم رضوان
١٨١ ـ حوادث المرور بمدينة مكة المكرمة عام ١٤١٣ هـ	أ. د. ناصر عبد الله عثمان الصالح
١٨٢ ـ المصطلحات المناخية في التراث العربي	د. بدر الدين يوسف محمد أحمد
١٨٣ ـ الخصائص الجيومورفولوجية لمروحية وادي بيج الفيضية	أ. د. حسن أبو العينين
١٨٤ ـ مساهمة رأس المال غير السعودي في قطاع الصناعة	د. فاروق شاكر السيد
١٨٥ ـ الهجرة المؤقتة للعمالة المصرية	د. أحمد حسن ابراهيم
١٨٦ ـ مواقع المدن السعودية	د. محمد مصلح الشمالي
١٨٧ ـ اتجاهات الأمطار في بعض المواقع في سوريا	د. نادر محمد صيام
١٨٨ ـ منطقة الحمادة في المملكة العربية السعودية دراسة في جيمورفولوجية الصحاري	د. جودة فتحي التركماني
١٨٩ ـ الموارد المائية لمروحة وادي بيح الفيضية	أ. د. حسن ابو العينين
١٩٠ ـ الابعاد الجغرافية التاريخية لظاهرتي الصحة والمرض خلال موسم الحج	د. رمزي بن احمد الزهراني
١٩١ ـ اودية شمال سلطنة عمان دراسة في الجيومورفولوجيا الكمية	د. احمد سالم صالح
١٩٢ ـ نقطة الخمود في حركة الرواسب الشاطئية	د. عساف بن علي الحواس
١٩٣ ـ دورايلين سمبل في البحث الجغرافي	د. عيسى موسى الشاعر
١٩٤ ـ الزراعة الجبلية في جنوب غرب المملكة العربية السعودية	د. مجدي عبد الحميد السرسي
١٩٥ ـ جرائم عبر الحدود في جمهوريات الاتحاد السوفييتي السابقة	بقلم: مارك جاليوتي ترجمة: د. جاسم كرم

سلسلة اصدارات وحدة البحث والترجمة

١ ـ تقلبات المناخ العالمي عرض وتعليق: أ.د. محمد صفي الدين أبو العز
٢ ـ محافظة الجهراء أ.د. زين الدين غنيمي
٣ ـ تعدادات السكان في الكويت د. أمل العذبي الصباح
٤ ـ أقاليم الجزيرة العربية الكتابات العربية القديمة والدراسات المعاصرة أ.د. عبدالله يوسف الغنيم
٥ ـ أشكال سطح الأرض المتأثرة بالرياح في شبه الجزيرة العربية أ.د. عبدالله يوسف الغنيم
٦ ـ حول تجربة العمل الميداني لطلاب الجغرافيا بجامعة الكويت أ.د. صلاح الدين بحيري
٧ ـ الاستشعار من بعد وتطبيقاته الجغرافية في مجال الاستخدام الارضي أ.د. علي علي البنا
٨ ـ البدو والثروة والتغير:
دراسة في التنمية الريفية للامارات العربية المتحدة وسلطنة عمان ترجمة د. عبد الاله أبو عياش
٩ ـ الدليل البحري عند العرب حسن صالح شهاب
١٠ ـ بعض مظاهر الجغرافيا التعليمية لمقاطعة مكة المكرمة د. ناصر عبدالله الصالح
١١ ـ طرق الملاحة التقليدية في الخليج العربي حسن صالح شهاب
١٢ ـ نباك الساحل الشمالي في دولة الكويت دراسة جيومورفولوجية د. عبدالحميد أحمد كليو
د. محمد اسماعيل الشيخ
١٣ ـ جغرافية العمران عند ابن خلدون د. عبد العال الشامي
١٤ ـ السمات العامة لمراكز الاستيطان الريفية في منطقة الباحة د. محمد محمود السرياني
١٥ ـ جزر فرسان دراسة جيومورفولوجية د. محمد سعيد البارودي
١٦ ـ جوانب من الشخصية الجغرافية للمدينة المنورة د. محمد أحمد الرويثي

سلسلة منشورات وحدة البحث والترجمة

١ - بيئة الصحاري الدافئة — ترجمة: أ.د. علي علي البنا
٢ - الجغرافيا العربية — تعريب وتحقيق: د. عبدالله يوسف الغنيم د. طه محمد جاد
٣ - مدن مصر وقراها عند ياقوت الحموي — د. عبد العال الشامي
٤ - العالم الثالث: مشكلات وقضايا — ترجمة: أ.د. حسن طه نجم
٥ - التنمية الزراعية في الكويت — أ.د. محمد رشيد الفيل
٦ - القات في اليمن: دراسة جغرافية — د. عباس فاضل السعدي
٧ - هيدرولوجية الأقاليم الجافة وشبه الجافة — تعريب: د. سعيد أبو سعدة
٨ - منتخبات من المصطلحات العربية لأشكال سطح الأرض — أ.د. عبدالله يوسف الغنيم
٩ - البلدان اليمانية عند ياقوت الحموي — تحقيق القاضي اسماعيل بن علي الأكوع
١٠ - المدن الجديدة بين النظرية والتطبيق — د. أحمد حسن ابراهيم
١١ - الأبعاد الصحية للتحضر — ترجمة: أ.د. محمد عبد الرحمن الشرنوبي
١٢ - التطبيقات الجغرافية للاستشعار من بعد: دليل مراجع — د. صبحي المطوع
١٣ - قواعد علم البحر — د. حسن صالح شهاب
١٤ - الانسياق الرملي وخصائصه الحجمية بصحراء الدهناء على خط الرياض - الدمام — مشاعل بنت محمد بن سعود آل سعود
١٥ - التخطيط الحضري لمدينة الأحمدي وإقليمها الصناعي — د. وليد المنيس د. عبدالله الكندري
١٦ - كيف ننقذ العالم — ترجمة: أ.د. علي علي البنا أ.د. زين الدين عبد المقصود
١٧ - أودية حافة جال الزور بالكويت تحليل جيومورفولوجي — د. عبدالحميد كليو
١٨ - الألواح الجيولوجية ونظمها التكتونية — ترجمة: أ.د. حسن أبو العينين
١٩ - جيومورفولوجية منطقة الخيران جنوب الكويت — د. السيد السيد الحسيني
٢٠ - الشوائب في تحقيق كتاب الفوائد في أصول علم البحر والقواعد — تأليف: شهاب الدين أحمد بن ماجد
٢١ - التحضر في دول الخليج العربية — د. خالد محمد النعقري
٢٢ - جغرافية العالم الثالث — تعريب: د. حسن طه نجم، د. مكي محمد عزيز
٢٣ - الصور الجوية - دراسة تطبيقية — د. خالد العنقري
٢٤ - جيومورفولوجية منخفض ام الرمم بالكويت — د. عبد الحميد كليو
٢٥ - جيومورفولوجية منطقة كاظمة — د. محمد اسماعيل الشيخ
٢٦ - السرحات السلطانية — د. عبدالعال عبدالمنعم محمد الشامي
٢٧ - اليابانيون الأمريكيون — د. عبدالله بن ناصر الوليعي
٢٨ - بحار الرمال في المملكة العربية السعودية — د. عبد الله بن ناصر الوليعي
٢٩ - كفاءة الري وجدولة المياه في منطقة الخرج بالمملكة العربية السعودية — د. نورة بنت عبدالعزيز آل الشيخ

رسائل جغرافية

دورية علمية محكمة تعنى بالبحوث الجغرافية
يصدرها قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية

الجمعية الجغرافية الكويتية

جمعية علمية تهدف إلى النهوض بالدراسات والبحوث الجغرافية
وتوثيق الروابط بين المشتغلين في المجالات الجغرافية في داخل الكويت وخارجها